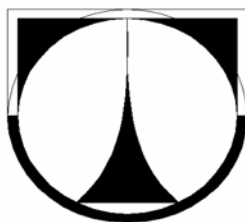


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových
inženýrských studií



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Aplikace mobilních komunikačních zařízení
pro automatizované systémy řízení

Liberec 2003

Lukáš Lejsek

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

studijní program: 2616T – Elektrotechnika a informatika

studijní obor: 2612T – Automatické řízení a inženýrská informatika

Aplikace mobilních komunikačních zařízení pro automatizované systémy řízení

Application of mobile communication devices for automated control system

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Buchta

Konzultant: Ing. Michal Souček, CMS s.r.o

Rozsah práce:

Počet stran textu: 52

Počet obrázků: 26

Počet tabulek: 4

Počet stran příloh: 7

... zadání diplomky strana č. 1

Anotace:

Cílem této diplomové práce je vytvoření aplikace umožňující řízení a monitorování simulovaného technologického procesu pomocí SMS zpráv zasílaných z mobilního telefonu.

Důraz je kladen zejména na zajištění zpětné vazby a kontroly povelování, spolehlivost a zabezpečení přístupu k řízenému systému. Navržená aplikace musí být schopna zpracovávat povely či dotazy ve formě SMS zpráv a pomocí aktivace na straně řídicího programu generovat zprávy o stavu příslušné technologie.

V další části práce se zaměřím na aspekty vzdáleného řízení a monitorování technologického procesu pomocí klientské aplikace spuštěné pod internetovým prohlížečem a na výhody a omezení tohoto řešení.

Abstract:

The goal of this diploma work is to create an application which allows leading and monitoring of a simulated technological process by sending SMS from a mobile phone.

The emphasis is mainly on getting the feedback and control of ordering, reliability and safe access to the leaded system. The suggested application has to be able to handle with orders or questions in SMS form and with generating messages about the situation of the relevant technology through the activation made by the leading program.

The other part of this work is headed to aspects of distant leading and monitoring of the technological process by client's application which was started in an internet browser and to advantages and restrictions of this solution.

Místopřísežné prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o využití mé DP a prohlašuji, že *s o u h l a s í m* s případným užitím diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 15. 5. 2003

Podpis

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu ing. Jaroslavu Buchtovi z Katedry softwarového inženýrství za odborný dohled a cenné rady zejména při psaní diplomové práce. Stejný dík zaslouží i konzultant, pan ing. Michal Souček, za poskytnutí informačních materiálů a konzultací, při kterých čerpal ze svých bohatých praktických zkušeností z problematiky automatického řízení průmyslových systémů, které mi poskytoval v průběhu celého roku, kdy jsem pracoval na zadaném tématu v sídle firmy v Mladé Boleslavi. Dále chci poděkovat programátorovi panu Vladimíru Jandovi, Aleši Prýmkovi, specialistovi na programování PLC a pánům Miroslavu Volfovi a ing. Martinovi Preisslerovi Csc., za jejich rady a připomínky při tvorbě výsledné aplikace.

I. ÚVOD	9
II. TEORETICKÉ ZÁKLADY	11
2.1 GSM	11
2.1.1 Celulární princip sítě	12
2.1.2 Architektura mobilní sítě GSM	14
2.1.3 Základní principy přenosu a zpracování SMS	18
2.2 GE Fanuc hardware a software	21
2.2.1 VersaMax Nano	21
2.2.2 Cimplicity Plant Edition	24
2.2.3 Cimplicity Machine Edition	24
2.2.4 Protokol SNPX	25
2.3 Logování bodů	26
2.3.1 Cimplicity SQL	27
2.3.2 Rozhraní ODBC	27
2.4 Virtuální model čističky odpadních vod	28
III. APLIKACE VZDÁLENÉHO ŘÍZENÍ A MONITOROVÁNÍ	29
3.1 Simulace ČOV	29
3.1.1 Programování logického automatu	30
3.1.2 Vizualizace	37
3.2 Interpreter	40
3.2.1 Základní principy vykonávání skriptů	40
3.2.2 Formát zprávy	42
3.2.3 Funkce pro zpracování textu	43
3.2.4 Postup zpracování zprávy	44
3.2.5 Archivace SMS zpráv	48
3.2.6 Kritické sekce, řízení přístupu pomocí zámků	49
3.2.7 Zabezpečení	50
3.2.8 Ošetření chybových stavů	51
3.3 WWW jako rozhraní pro mobilní přístup	52
3.3.1 Vizualizační panely	54
3.3.2 Možnosti přístupu a řízení procesu	55
3.3.3 Prezentace dat na WWW	55
IV. SHRUTÍ	57
4.1 Ekonomické zhodnocení	57
4.2 Bezpečnost vzdáleného řízení	58
4.3 Využití v praxi	59
V. ZÁVĚR	60
6.1 Seznam použité literatury	61
6.2 Seznam příloh	62

Seznam použitých zkratk

GSM (Group Spéciale Mobile) – přenosová síť mobilních telefonů

SMS (Short Message Service) – krátké textové zprávy

ETSI(European Telecommunication Standard Institute) – Evropský telekomunikační institut

MT - mobilní telefon

PLC (Programmable logic controler) - programovatelný logický automat

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – označení systému umožňujícího kontrolu a získávání dat

HMI (Human Machine Interface) – označení rozhraní člověk - stroj

I/O (Input/Output) – vstupy, výstupy

CIMPLICITY(_PE) (Cimplicity Plant Edition) – softwarový produkt

CIMPLICITY_ME (Cimplicity Machina Edition) – softwarový produkt

interpreter - obecné označení programových skriptů zajišťujících zpracování textu

atd. - a tak dále

apod. - a podobně

např. - například

obr. - obrázek

tab. - tabulka

I. Úvod

V současné době je ve většině bezobslužně označovaných provozů (výměníky tepla, vodárny, malé elektrárny, čerpací stanice, čističky odpadních vod) přítomna obsluha, řešící případné poruchy systému. Hlavním cílem této práce je zajištění vzdáleného řízení a monitorování těchto provozů způsobem, který zaručí takovou kontrolu nad technologií, jako při stávajícím způsobu řízení.

První návrh řízení využívá přenosu informací pomocí SMS zpráv, druhý nabízí možnost řízení technologie pomocí vizualizace přístupné pomocí sítě Internet. Přenos pomocí SMS není inovativním řešením – na trhu je nabízen již několik let. Žádný z produktů ovšem nepřekračuje svým řešením přenos více jak několika veličin a není použitelný pro opravdové řízení. Přínos této práce je především v možnosti snadného zakomponování řídicí aplikace – Interpreteru – do stávajících systémů řízení a rozšiřujících tak jeho možnosti o vzdálenou správu a monitoring.

Programy umožňující řízení procesu pomocí rozhraní nabízeného sítě Internet dodává v současnosti několik firem, mezi které patří např. Iconics, GE Fanuc nebo Wonderware.

Pro simulaci byl zvolen virtuální model reálného provozu čističky odpadních vod v Bělé p. Bezdězem. Naprogramování PLC a vizualizaci této technologie jsem realizoval proto, že jsem neměl přístup k vhodné reálné technologii, na které bych mohl ověřovat průběžné výsledky své práce. Chod celé aplikace bude zajišťovat skript, vytvořený v programovém prostředí pod vizualizačním softwarem Cimplicity PlantEdition, zajišťující zpracování zprávy předané mobilním telefonem připojeným na sériový port počítače. Sériová komunikace s mobilním telefonem je zajištěna převzatým programem SMSmodule firmy CMS.

Interpreter musí být schopen vyhodnotit a zajistit vykonání požadovaných úkonů obsažených ve zprávě, tak aby bylo možné provádět analýzu stavu průmyslového zařízení v reálném čase a reagovat na změny, které v zařízení nastanou. Výhodou této koncepce je jednoduchost propojení průmyslového zařízení a telefonu pomocí sériové linky a pokrytí velkého území signálem GSM. Nevýhodou tohoto řešení je omezení počtu přenášených hodnot jedné zprávy, a také tím, že se vzrůstajícím počtem vstupů/výstupů roste úměrně potřeba klíčových slov pro srozumitelné porozumění generovaným zprávám. Je nutné, aby žadatel o data byl seznámen s formátem psaní zpráv a znalostí klíčových slov.

Oprávněná osoba vybavená mobilním telefonem bude moci obdržet informaci o vzniku události a rozhodne-li se pro zásah, pošle ze svého telefonu povel-SMS zprávu v předepsaném formátu a systém vykoná zadaný úkol. Zpětná vazba o vykonání na obou stranách musí být

zajištěna. Pokusy o narušení, ze strany klienta budou logovány do databáze, stejně jako veškeré přijaté a vygenerované zprávy.

Druhý návrh řízení je řešením některých omezení při použití SMS zpráv. Pro monitorování je použito nástroje WebView programu Cimplicity Machine Edition, který umožňuje ovládání vzdáleného procesu. Podmínkou je vytvořený vizualizační panel, jež se bude zobrazovat v okně internetového prohlížeče na straně klienta, vybaveného přenosným počítačem či PDA vhodně připojenými k GSM. Toto řešení představuje velice kvalitní možnost prezentace libovolných provozních dat.

II. Teoretické základy

2.1 GSM

Během 80-tých let zaznamenal svět rychlý růst analogových celulárních systémů v Evropě, zvláště pak ve Skandinávii, Spojeném království, ale také ve Francii a Německu. Každá země měla vyvinutý vlastní systém, který byl neslučitelný s jinými systémy kdekoli jinde. Tehdy vznikla speciální skupina nazvaná Group Speciale Mobile (GSM), která měla za úkol vyvinut systém tak, aby byl v zemích celé Evropy (celého světa) kompatibilní. V roce 1989, byla myšlenka GSM předána na Evropský telekomunikační normalizační institut ETSI a specifikace fáze 1 sítě GSM (Phase 1) byla v roce 1990 vyhlášena standardem.

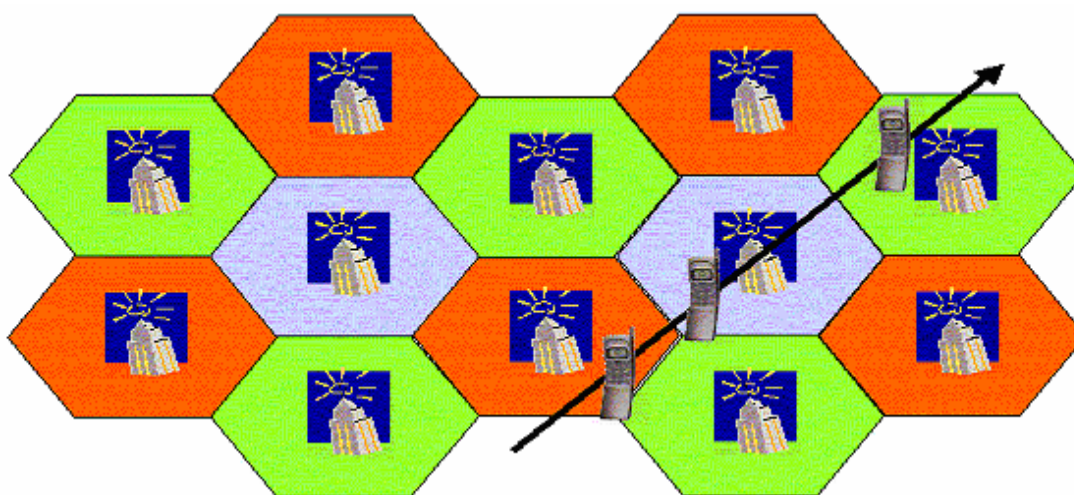
Systém GSM byl navržen jako celulární komunikační systém. První síť byla spuštěna do provozu počátkem roku 1992 ve Finsku a dle specifikace GSM Phase1 sloužila zejména pro přenos hlasu, a poskytovala služby přeměrování hovorů, blokování příchozích/odchozích hovorů a roaming. Výrazné rozšíření zaznamenala v roce 1994 GSM Phase 2, kterou dnes podporuje naprostá většina GSM sítí. Nabízí další služby jako je tarifkace hovorů na mobilním telefonu dle impulsů sítě, identifikace volajícího, konferenční hovory, distribuci lokálních informací, tzv. Cell Broadcast, datové a faxové služby a především služba SMS. Nutno poznamenat, že není nutné, aby síť podporovala nebo provozovala všechny služby definované v této fázi - rozšíření služeb většinou představuje dohrání určitého firmware do ústředny a jeho distribuci směrem k základnovým stanicím. Vzhledem k vzrůstu nároků na služby sítě GSM a vzhledem k rozvoji dalších standardů, vznikla potřeba doplnit GSM Phase 2 ještě o některé služby. Nejnovější standard, GSM Phase2+ obsahuje specifikace vysokorychlostních HSCSD přenosů a GPRS datových přenosů. Díky pokrytí velkého území signálem, stabilitě sítě a možnosti datových přenosů, je systém vhodný pro vzdálené řízení a kontrolu průmyslových zařízení. V takovém případě je k zařízení připojen mobilní telefon, který zasílá data mobilnímu telefonu koncového uživatele systému.

Mobilní telefon a síť GSM slouží jen pro transparentní přenos zpráv mezi průmyslovým zařízením s ovládacím počítačem a koncovým uživatelem. Jakmile je zpráva dekodována, program provede příslušnou akci. Výhodou tohoto způsobu je, že pro plnohodnotnou komunikaci lze použít jakýkoli mobilní telefon bez nutnosti dalšího vybavení. V tomto případě lze totiž snadno z běžného mobilního telefonu vytvořit inteligentní mobilní terminál,

pomocí něhož je možné ovládat technologický proces prakticky z celého světa. Naopak nevýhodou může být poněkud omezený rozsah použití, neboť lze zasílat pouze zprávy obsahující text. Také vzniká prodleva mezi odesláním příkazu a jeho přijetím druhou stranou, protože služba zasílání SMS zpráv není v síti GSM prioritní (tím je přenos hlasu) a není zaručeno okamžité předání SMS zprávy. Z výše uvedených důvodů se užívá komunikace pomocí SMS zpráv převážně pro jednorázové nastavení parametrů v průmyslovém systému nebo k jednorázovému informování o přechodu systému do jiného stavu, havarijních stavech nebo jiných asynchronních událostech.

2.1.1 Celulární princip sítě

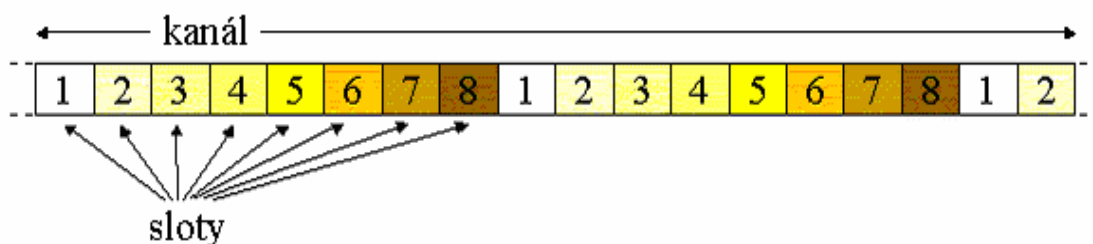
Mobilní sítě využívají ke svému fungování rádiové vlny. Ovšem frekvence, které jsou pro ně dostupné, jsou striktně omezené a každý mobilní operátor jich získává jen velmi omezený počet. Rozsahy frekvencí, přidělené konkrétním operátorům, se sice mohou i významněji lišit, ale nikdy nemohou postačovat na to, aby operátor mohl přidělit každému probíhajícímu hovoru ve své síti samostatný komunikační kanál (tj. samostatný rozsah frekvencí, "vyříznutý" z celkového přidělu který operátor dostal k dispozici). Jediným řešením, které při takovémto nedostatku frekvencí připadá v úvahu, je vícenásobné použití stejných frekvencí, neboli to aby různé hovory používaly stejné frekvence. Samozřejmě je přitom nutné zajistit, aby se různé hovory využívající stejné frekvence vzájemně neovlivňovaly - k tomu se dnes využívá tzv. buňkový (anglicky: celulární) princip. Jeho podstatou je rozdělení geografického teritoria, na kterém příslušný operátor poskytuje své služby, na vhodné velké části (označované jako buňky), uspořádané tak, že když v jedné části (buňce) jsou používány určité konkrétní frekvence, žádná z bezprostředně sousedících částí (buněk) již tyto frekvence nepoužívá (resp. používá jiné frekvence). V praxi se nejčastěji používá uspořádání se šestihrannými buňkami uspořádanými do vzoru který připomíná plástve medu (viz obrázek 1). Jak lze snadno nahlédnout, lze vystačit již se třemi různými druhy takovýchto buněk (na obrázku rozlišených pomocí barev, ve skutečnosti využívají různé rozsahy frekvencí), a přitom "pokrýt" libovolně velké území jejich opakováním - samozřejmě za cenu toho, že v každé buňce je počet souběžných hovorů vždy shora omezen (tím, kolik frekvencí má daná buňka k dispozici). Eventuelní potřebu zvýšit počet souběžných hovorů je nutné řešit hustější sítí buněk a využitím časového multiplexu.



Obr. 1: Představa celulární sítě

Sdílené využití frekvencí - časový multiplex

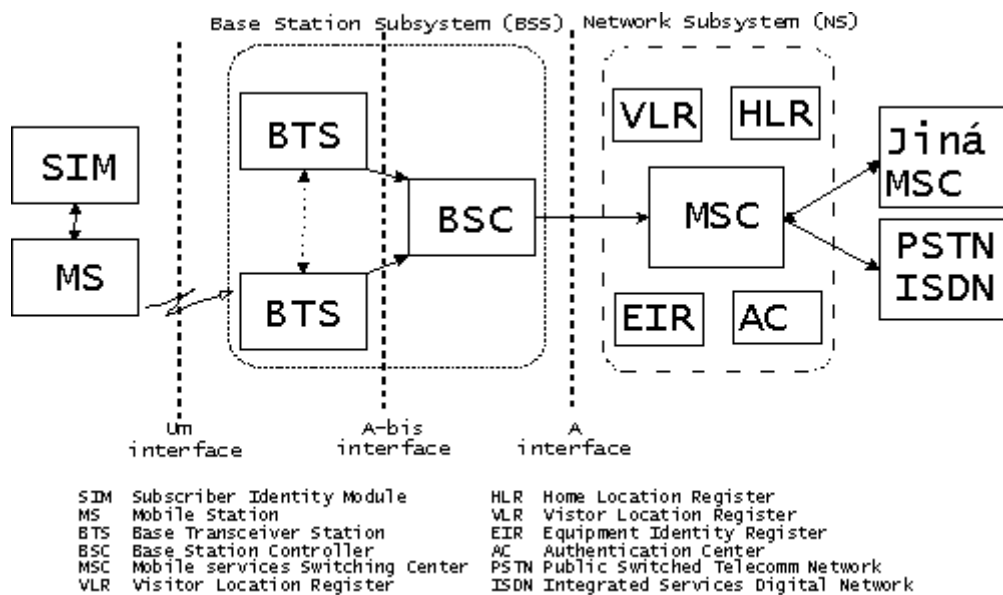
Ani opakované využití přidělených frekvencí v jednotlivých buňkách sítě stále ještě nepostačuje k uspokojení všech potřeb. Problémem je hlavně počet uživatelů v rámci buňky, který je velmi často výrazně větší než počet rozsahů frekvencí, resp. kanálů, dostupných v dané buňce pro přenos jednotlivých hovorů. Proto je nutné vícenásobně využít dostupné frekvence i v rámci jednotlivých buněk. Digitální mobilní sítě, mezi které patří i GSM, mohou ke stejnému účelu použít efektivnější techniku tzv. časového multiplexu (TDM, resp. TDMA). Její podstatu lze popsat tak, že přenosové schopnosti určitého kanálu jsou rozděleny v čase - konkrétně tak, že každá z komunikujících dvojic využívá přenosový kanál jen po určitou dobu, pak jej přepustí další dvojici, ta udělá totéž a takto vše pokračuje dokud se nevyčerpají všechny komunikující dvojice, které přenosový kanál sdílí, načež se zase ke slovu dostává první dvojice a vše se v cyklu opakuje. Obecně tedy lze říci, že pokud jeden fyzický přenosový kanál tímto způsobem sdílí například 8 komunikujících dvojic (resp. je sdílen pro 8 souběžných hovorů), pak každý z nich dostává přidělen tento přenosový kanál (v cyklu) vždy na $1/8$ určitého přenosového kvanta. Toto "časové kvantum" je obvykle označováno jako slot, a číslo 8 zde nebylo zvoleno náhodně - technologie GSM rozděluje každý přenosový kanál, který má k dispozici, právě na 8 částí, neboli pro souběžné vedení až 8 hlasových hovorů.



Obr. 2: Představa časového multiplexu

2.1.2 Architektura mobilní sítě GSM

GSM síť skládá se z několika funkčních částí, jejichž funkce a vztahy jsou přesně definovány. Následující obrázek ukazuje stručné blokové schéma GSM sítě.



Obr. 3 – Architektura sítě GSM

Systém GSM sestává jako celek ze tří částí, z nichž každá má své specifické subsystémy. První částí jsou externí telekomunikační sítě, mezi něž patří veřejné komutované sítě PSTN - tj. JTS (jednotná telefonní síť) čili normální telefon a síť ISDN. Druhou část představují operátoři. Operátoři jsou přímo napojeni na všechny ostatní složky sítě GSM. Třetí část je

vlastní celulární systém - technické vybavení a prostředky umožňující komunikaci prostřednictvím mobilního telefonu (obr. 3).

Ten se dělí na subsystém základových stanic, síťový a spínací subsystém a operační subsystém. Tyto složky se na označují jako fixní, stacionární. GSM přichází ještě do styku se složkami externími – vlastní koncový uživatelé mobilních stanic.

Mobilní stanice (MS)

Mobilní stanice (mobilní telefon) obsahuje vybavení pro práci v GSM pásmu, tj. fullduplexní transceiver, displej, digitální signálový procesor a smart kartu nazývanou též SIM kartou a další rozšiřující komponenty. SIM karta obsahuje základní informace o uživateli a další informace, které zajistí uživateli možnost přihlášení se do GSM sítě daného poskytovatele služeb. SIM karta je plně přenosná a lze ji bez problémů použít v jiném telefonu, až na telefony, které si operátor může blokovat pouze na svou síť.

Mobilní stanice je identifikována IMEI číslem. SIM karta také obsahuje tzv. IMSI kód, tajný klíč (Ki) pro přihlášení do sítě GSM a ostatní uživatelské informace. SIM karta může být ještě chráněna kódem PIN, který je základní ochranou proti zneužití SIM karty. IMEI a IMSI jsou si navzájem nezávislé, jelikož jsme schopni používat telefon s jinou SIM kartou a naopak.

Subsystém základových stanic (BSS)

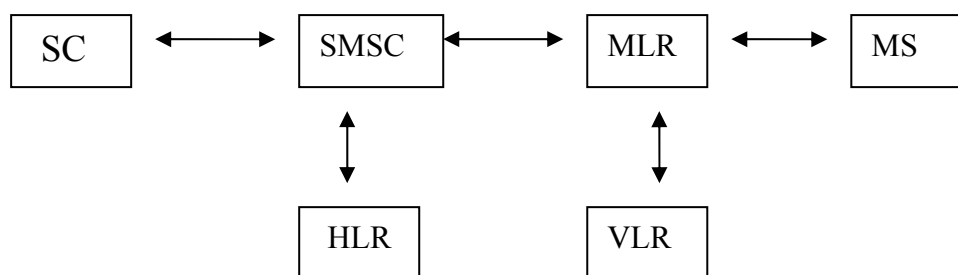
Systém základových stanic se skládá ze dvou částí. Základové stanice (BTS) a základová řídicí jednotka (BSC), která dohlíží a řídí provoz radiových stanic BTS. Jejimi důležitými úkoly je přidělování a uvolňování radiových kanálů pro komunikaci BTS s mobilními stanicemi, dále pak handover (předávání kanálů a hovoru mezi buňkami). BSC zajišťuje správné přidělování radiových kanálů i dynamické přidělování kanálů během komunikace a předávání hovorů mezi BTS v případě, že se pohybujete. BSC vytváří komunikační spojnici mezi mobilními stanicemi a mobilní spínací ústřednou. BSC také překládá 13 kbps hlasový kanál přes radiové spojení do standardního 64 kbps kanálu, který používá veřejná telefonní síť nebo ISDN.

Síťový podsystém (NS)

Síťový a spínací subsystém je ve své podstatě pro GSM v nejvlastnějším slova smyslu tím, čím je pro pevnou telefonní síť ústředna. NS řídí komunikaci mezi mobilními účastníky sítě GSM a mezi účastníky jiných telekomunikačních sítí. Z jedné strany je tedy napojen na stanice BSS a z druhé strany pak na všechny dostupné externí sítě, do nichž daná síť GSM umožňuje přístup. Hlavní komponentou NS ovládající přístup k těmto 2 množinám je mobilní spínací ústředna (MSC). Zajišťuje funkci jako normální telefonní ústředna v pevné síti. Základní funkcí je registrace v síti, ověřování, lokalizace polohy v rámci GSM sítě, směrování hovorů, roaming a spojení mezi pevnou telefonní sítí (ISDN).

Složkou subsystému NS, kterou se liší od klasických telefonních ústředen jsou identifikační báze, jejich existenci si vynucuje mobilita účastníků sítě GSM. Existují tři typy těchto identifikačních bází:

- Domovský lokační registr (HLR– Home Location Register)
- Autentifikační centrum (AuC - Authentication Center)
- Návštěvnický lokační registr (VLR-Visitor Location Register)
- Registr mobilních stanic (EIR-Equipment Identity Register)



Obr. 4 – Základní síťová struktura pro přenos SMS

Domovský lokační registr

Je databáze uchovávající informace o všech účastnících „domovské“ oblasti této HLR (většinou je to město, zakoupení MT). Zde jsou uloženy informace o předplacených službách. Každý účastník je evidován v jedné bázi HLR, aby se předešlo chybám, které by vznikly

nesynchronizováním databáze. Existuje pouze jedna HLR na celou GSM síť, ačkoli může být implementovaná jako distribuovaná databáze.

Návštěvníkový lokační registr

Obsahuje vybrané informace z HLR nezbytné pro řízení hovorů těch mobilních stanic, které se právě pohybují v geografické oblasti spravované danou MSC. Když vstoupí mobilní stanice na území řízené daným MSC, jsou veškerá data vyžádána registrem VLR od HLR. V okamžiku, kdy mobilní stanice opustí danou oblast, data z VLR se zruší. Data ve VLR nejsou nikdy měněna. Veškerá aktualizace uživatelských dat jsou vždy měněna směrem od HLR k VLR, nikdy ne naopak. VLR tedy vyžaduje data z domovského HLR účastníka, který vstoupil na území spravované danou MSC ústřednou.

Registr mobilních stanic

Je databáze, zaznamenávající výhradně data, která se týkají mobilních stanic. Obsahuje seznam všech platných mobilních telefonů celé sítě, kde je každý telefon identifikován pomocí IMEI čísla. Pomocí tohoto registru se vytváří tzv. black list (tj. seznam ukradených telefonů), pomocí něhož se dá zamezit telefonu přihlásit se do GSM sítě.

Autentifikační centrum

Je chráněná databáze, která obsahuje kopii tajných klíčů, která jsou uložena na SIM kartě, které jsou používány k přihlášení daného telefonu a ke kódování informací mezi telefonem a GSM sítí. Zabezpečuje ochranu proti zneužití systému GSM, je přístupné i z jiných mobilních spínacích ústředen. Autentifikační centrum je součástí HLR.

Operační subsystém

Zabezpečuje provoz a údržbu obou výše uvedených subsystémů (NS i BSS), dále koordinuje funkci celého systému a vyřizuje záležitosti finančního charakteru (tarifikace účastníků,

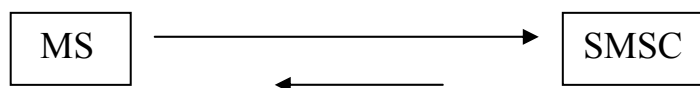
evidence plateb). Operační subsystém koná trojí funkci v síti GSM a má tyto další podsystémy.

- *provozní a servisní centrum* – řídí provoz a údržbu ostatních subsystémů sítě
- *centrum managementu sítě* – podílí se na správě mobilních stanic, jejich monitoringu
- *administrativní centrum* – podílí se na správě a managementu účastníků sítě

2.1.3 Základní principy přenosu a zpracování SMS

Dle normy GSM 03.40 standardu ETSI existují dva druhy SMS: Point to Point a Cell Broadcast - nepotvrzované rozesílání stejné zprávy více příjemcům současně (konkrétně všem momentálně dostupným příjemcům v určité "lokalitě", kterou může být stanice BTS, skupina stanic BTS, až např. vše v dosahu mobilní ústředny MSC). SMS Point to Point je tzv. nespojovaný (connectionless) protokol, který při přenosu nevytváří přímé spojení mezi odesílatelem a příjemcem. Funguje na principu přepojování paketů (zpráv) a poskytuje prostředky k zasílání zpráv omezené velikosti na/z mobilních telefonů. Ukládání a předávání zpráv zajišťuje servisní centrum SMS. Tyto zprávy nevyžadují, aby příjemce byl k dosažení ve stejné době, kdy je odesílatel zadává k odeslání. Zprávy mohou počkat v přenosové síti na to až je bude možné doručit, resp. až je bude příjemce schopen převzít. Z tohoto důvodu se přenos člení na dvě části:

- **Mobile Originating** – přenos z mobilního zařízení do SMSC (viz. obr.5)
- **Mobile Terminating** – přenos z SMSC k mobilnímu zařízení (viz. obr.6)



Obr.5 - Odesílání SMS

Při poslání krátké zprávy z mobilní stanice do SMSC se projde následující posloupnost úloh. Krátká textová zpráva je vytvořena v mobilní stanici (MS) anebo je do ní přenesena z jiného zařízení (připojený počítač, atp.). Je třeba aby v MS byly definovány minimálně tyto údaje: telefonní číslo SMSC, doba platnosti zprávy, použitý protokol. SMS zpráva je poslána z MS do MSC. MSC předá krátkou zprávu do SMSC. SMS-IWMSC (Interworking MSC) předá zprávu dále SMSC. Od teď je již doručení zprávy odpovědností daného SMSC.



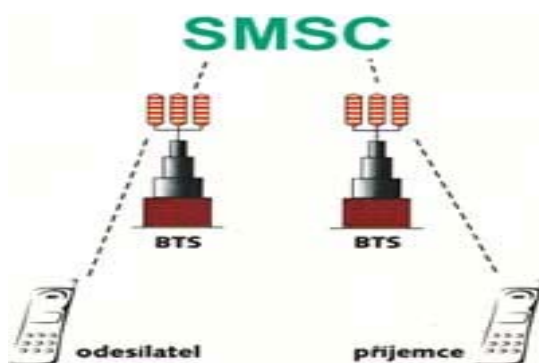
Obr. 6 - Příjem SMS

Při poslání krátké zprávy z SMSC na mobilní stanici se projde následující sled úkonů

- Krátká zpráva musí být vygenerována a nezáleží již na tom, zda je to další mobilní stanici anebo jinou entitou v rámci sítě GSM.
- Zpráva je zaslána z mobilní stanice do SMSC (MS musí znát číslo SMSC), které dále kontroluje práci se zprávou. Zkontroluje dobu platnosti zprávy, přidá své časové označení, kdy byla zpráva centrem přijata. Zjistí zda existuje více zpráv k odeslání na jednu stanici a zároveň prověří prioritu zprávy.
- SMSC upozorní SMS-GMSC (Gateway MSC), že je zde zpráva čekající na MS. Pokud mobilní stanice nenáleží danému MSC, je toto MSC pověřeno předáním upozornění domovskému MSC adresáta.
- SMS-GMSC se zeptá HLR, ve které oblasti MSC ústředny se právě mobilní stanice nachází. Pokud mobilní stanice není právě dosažitelná (nebo se vyskytne nějaký jiný problém), pak bude SMSC vyrozuměno a HLR nastaví příznak udávající, že pokus o doručení nebyl úspěšný. Tento příznak bude zrušen pouze v okamžiku, kdy se podaří SMS zprávu doručit anebo když doba platnosti zprávy vyprší.
- Po zjištění polohy stanice předá SMS-GMSC zprávu právě navštívenému MSC, jenž zkontroluje pomocí VLR v kterém přesném místě se právě MS nachází.
- BTS v dané oblasti naváže kontakt s mobilním telefonem a doručí zprávu.

Po odeslání SMS nejde zpráva přímo k adresátovi, ale napřed do SMSC centra, které se snaží doručit. Od odesílatele SMS putuje napřed na BTS, se kterou telefon komunikuje. Ta ji pošle do SMSC. Centrum se pak pokouší navázat spojení s příjemcem. Předá zprávu na BTS

na kterou je připojen příjemce a ta ji vyšle v ideálním případě k příjemci, který si ji přečte. Obdrží-li SMSC informaci o doručení a pokud byl dán požadavek o potvrzení doručení, SMSC vytvoří informaci o doručení pro odesílatele s nímž se snaží navázat spojení. Předá zprávu na BTS s níž odesílatel komunikuje a ta ji vyšle směrem k jeho mobilního telefonu. Při negativní odezvě je zpráva uložena a po určité době se proces opakuje.



Obr. 7 – Schéma přenosu Point to point

Jednotlivé zprávy mají velikost 140 bytů a za použití standardní (7-bitové) abecedy SMS je možné do nich vložit až 160 znaků. Omezení délky SMS zprávy vyplývá z omezení signalizačního rozhraní MAP, pomocí něhož jsou SMS zprávy transportovány.

Podporovaná abeceda je unicode (16-bit ISO/IEC 10646), zprávu je možné při překročení délky 160 znaků (140 bytů) rozdělit do většího množství krátkých zpráv s maximální velikostí jednotlivé zprávy 140 bytů. Je zde samozřejmě přiložena informace pro opětovné složení ve správném pořadí u příjemce. Každá zpráva se přitom přenáší samostatně, prostřednictvím služebních kanálů - v případě mobilního terminálu, který právě přenáší hovor či data, je přenos realizován služebním kanálem vkládaným do dopravních kanálů, a v případě terminálu který právě nepřenáší hovor či data jsou SMS zprávy přenášeny řídicími kanály. Schopnost přenášet SMS zprávy je pak dána četností uvedených kanálů a jejich formátem - v praxi to vychází tak, že jeden mobilní terminál je schopen odeslat jednu SMS zprávu každých cca 5 vteřin, a přenosová rychlost vychází na cca 500 bitů za sekundu.

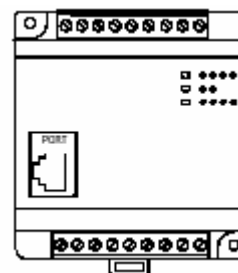
Struktura SMS zpráv, jak je definovaná GSM standardem 03.40, je značně neflexibilní. Schéma kódování zpráv, odesílatele i adresáta zprávy, identifikace protokolu a další položky jsou napevno definovány, což znamená omezení při vývoji aplikací využívajících SMS.

2.2 GE Fanuc hardware a software

Volba komponent použitých pro tuto práci - tedy produktů firmy GE Fanuc, vycházela ze zaměření činnosti zadavatelské firmy, která se soustřeďuje na dodávky kompletních řešení (HW, SW) pro různé technologické celky, výrobní provozy a průmyslová zařízení. Využití těchto prostředků zajistilo velké přiblížení se situacím, které mohou nastat v reálném provozu. Odlišnosti spočívají v použitém typu programovatelného automatu (PLC), počtu I/O (vstupně, výstupních) bodů a vzdálenosti mezi PLC a řídicím terminálem, tedy PC. Mobilní terminál je představován telefonem Siemens řad S/M45 či M/MT50. V reálném provozu se předpokládá použití GSM modemu. Pro spínání vstupů a indikaci stavu výstupů je použit přepínací přípravek (viz. příloha 1).

2.2.1 VersaMax Nano

Základním prvkem každého řízeného procesu je programovatelný automat, který na základě vstupních hodnot získaných od připojených zařízení nastavuje příslušné výstupy dle algoritmu, kterým je naprogramován. Pro řízení své vzorové aplikace jsem zvolil nejmenší model PLC, jež je na trhu dostupný a to model IC200NDR001. Tato základní konfigurace postačuje pro řízení simulace reálného chodu zařízení, co se týká rychlosti odezev a spínání výstupů.



Základní parametry PLC:

- Jmenovité provozní vstupní napětí PLC systému +24 Vss.
- Šest konfigurovatelných ss vstupů, které lze použít jako pozitivní nebo negativní standardní logické vstupy nebo jako vstupy vysokorychlostních čítačů.
- Při konfiguraci pro operace vysokorychlostního čítače lze PLC Nano použít jako až 3 čítače typu A nebo 1 čítač typu A a jeden čítač typu B.
- Čtyři reléové výstupy typu A (SPST-single pole single throw).

- Sériový port RS-232 s konektorem RJ-45, který podporuje protokoly SNP/SNPX, RTU slave a sériový I/O. Automatické přepínání z RTU do SNP pro komunikaci s programátorem.
- Možnost použití externího přepínače režimu Run/Stop. Tento přepínač lze konfigurovat jako přepínač run/stop, jako vypínač ochrany paměti a používat pro smazání chyb při výskytu fatálních chyb.
- Konfiguraci při zapnutí lze dle nastavení číst buď z paměti RAM nebo flash (ROM). Konfigurovat lze rovněž čtení aplikačního programu z paměti flash při zapnutí.
- Plná instrukční sada pro programování matematických operací v pohyblivé řádové čárce.
- 2 K slov programové paměti, 256 slov registrů.

Provozní režimy PLC

Aplikační programy se v systému PLC vykonávají opakovaně. Kromě vykonávání aplikačních programů PLC pravidelně získává data ze vstupních zařízení, odesílá data výstupním zařízením, vykonává interní údržbu a vykonává komunikační úlohy. Této posloupnosti operací se říká cyklus. PLC může pracovat ve dvou cyklech – standardním (maximální možné zpracování cyklů) a konstantním (zpracování trvá stejný čas).

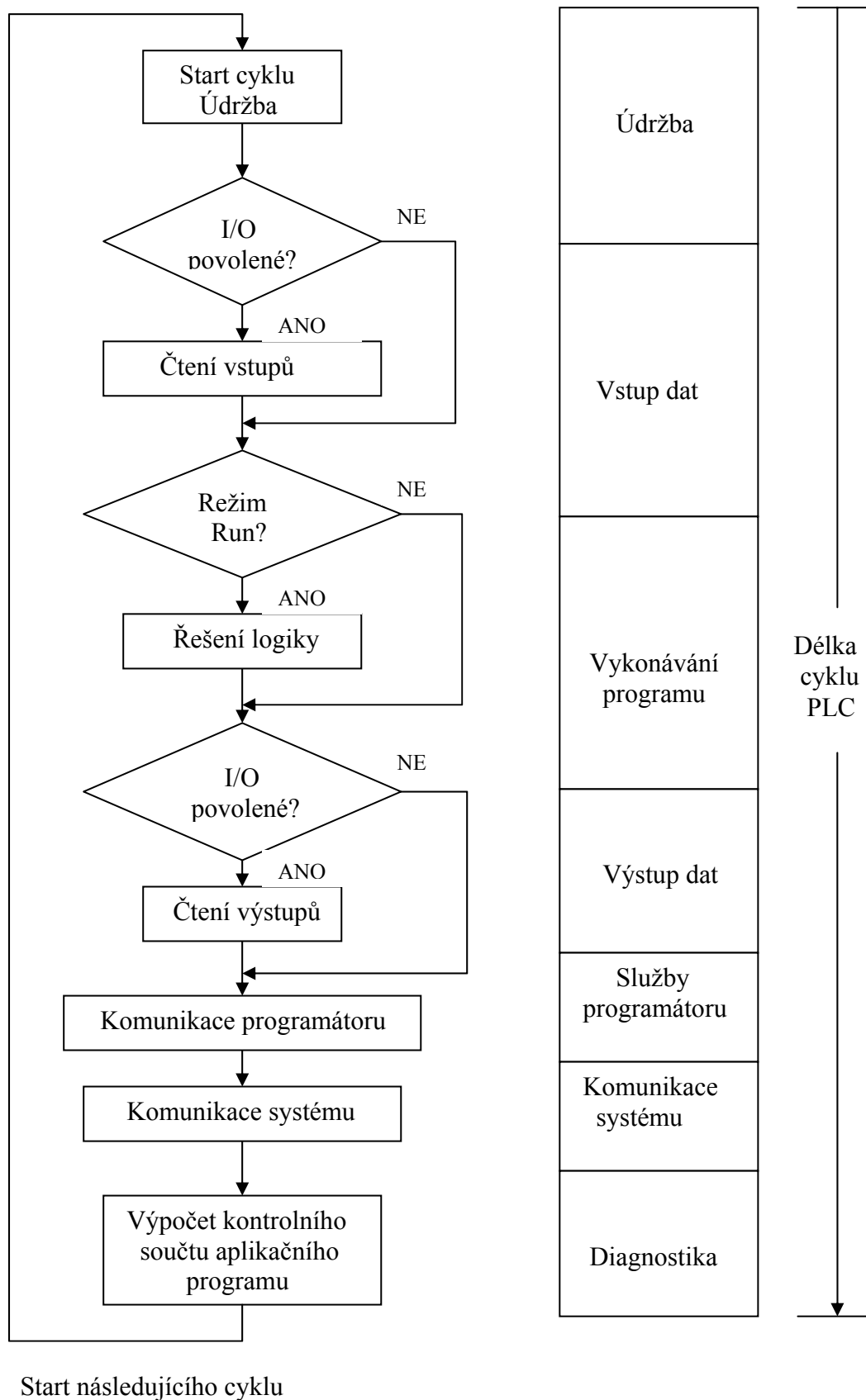
Adresy datové paměti

PLC programy se na data odkazují adresami paměti, které určují jak typ paměti, tak přesnou adresu v daném typu paměti. Písmeno předpony určuje, kde jsou data v paměti PLC uložena.

Typ adresy	Oblast v paměti	PLC Nano
Uživatelský program		2kB slov
Diskrétní vstupy	%I0001-%I0512	512 bitů
Diskrétní výstupy	%Q0001-%Q0512	512 bitů
Diskrétní globální reference	%G0001-%G1280	1280 bitů
Diskrétní interní cívky	%M0001-%M1024	1024 bitů
Stavové adresy systému	%S0001-%S0032	32 bitů
Adresy interních vstupů	%R0001-%R0256	256 slov

Tabulka 1: Paměťové prostory

Cyklus zpracování instrukcí CPU



2.2.2 Cimplicity Plant Edition

Jde softwarový produkt firmy GE Fanuc, který nabízí ucelené řešení pro řízení a monitorování výrobních procesů v reálném čase. Pomocí tohoto systému dojde prostřednictvím zvoleného protokolu ke spojení s vybraným zdrojem dat – s PLC. Data je možné vizualizovat, archivovat a posílat zpět do PLC, které zajistí příslušné výstupní hodnoty pro řízení systému. Cimplicity jako představitel SCADA systému integruje prvky ODBC, OPC, Active X a další. Obsahuje i limitovaný SQL server vhodný pro omezené logování dat.

Pro potřeby mé práce využívám především obsažený programový skriptovací nástroj a vizualizační prostředky pro sledování systému. Je to jednoduchý programovací jazyk založený na basicu, ve kterém je vytvořen interpreter umožňující přijímat a odesílat vygenerované SMS zprávy. Tento jazyk obsahuje širokou paletu nejrůznějších funkcí určených především pro správu načítaných hodnot, jejich ukládání a lze ho využít též jako pomocný nástroj při tvorbě animací pro vizualizaci. Především umožňuje volat externí funkce jiných aplikací a z tohoto důvodu jsem interpreter programoval v tomto prostředí a ne v prostředí Cimplicity Machine Editon ve kterém jsem programoval logický automat. Okno vývojového prostředí je uvedeno v příloze 2.

2.2.3 Cimplicity Machine Edition

Systém Cimplicity_ME představuje úplné řešení pro vývoj automatizačních aplikací. Produkty jsou plně integrovány do prostředí a spolu navzájem, sdílejí stejnou databázi projektu. Primárně byl tento produkt vytvořen pro programování PLC a postupně k němu byly doplňovány další funkce – vizualizace, WebServer, OPC server a další. Pomocí tohoto nástroje bylo vyřešeno naprogramování PLC a tvorba vizualizačních panelů pro zajištění možnosti ovládání řízených procesů na Internetu. Pro programování PLC a tvorbu vizualizačních panelů přístupných z Internetu byly použity programové komponenty View a Logic Developer PLC, jejichž bližší popis je uveden v následujícím textu.

View

Je komponenta poskytující prostředky pro uspořádání, sledování a zobrazení dat ze strojního zařízení nebo procesu. Pomocí komponenty View je možné vytvářet grafické

panely, psát skripty, konfigurovat alarmy atd. Součástí Webové dokumenty, určená pro cíle Windows NT/CE, umožňuje globální zpřístupnění informací o řízeném procesu, neboť dovoluje publikovat data z projektů Machine Edition na Internetu.

Logic Developer PLC

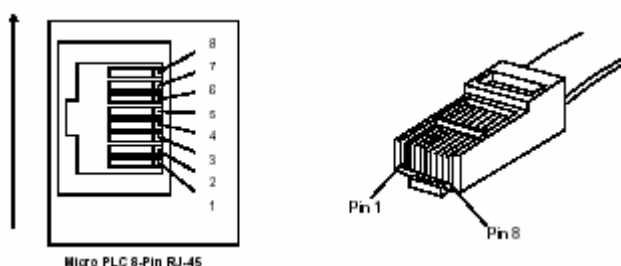
Nejpropracovanější komponenta systému sloužící pro programování logických automatů. PLC lze naprogramovat pomocí žebříkové logiky, editoru sekvenčních funkčních diagramů, bloku seznamu instrukcí nebo bloku seznamu textu.

Okno vývojového prostředí Cimplicity_ME je uvedeno v příloze 3.

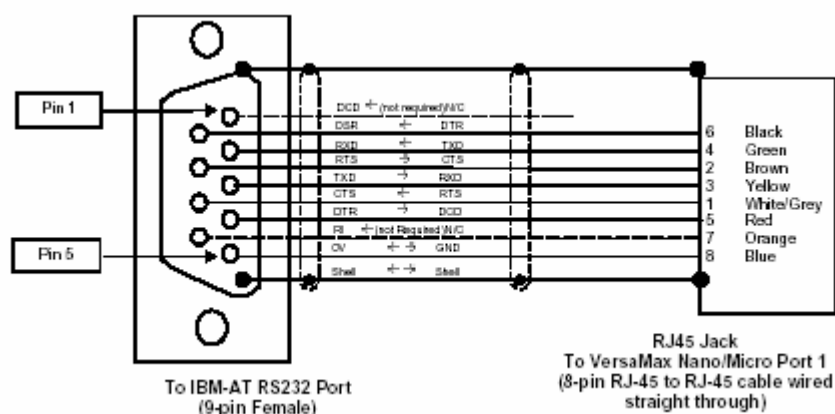
2.2.4 Protokol SNPX

Jedná se o jednoduchý protokol poskytující rychlý přenos dat mezi PLC a řídicím počítačem. Je to poloduplexní protocol typu master-slave, který využívá rozhraní RS-232 (RS-485). Připojená zařízení mohou být zapojena buď v konfiguraci point-to-point, tedy jedno zařízení master a jedno typu slave. Toto zapojení je použito v této práci. Další možností je připojení většího počtu zařízení typu slave, pak se jedná o multidrop uspořádání. Na sériové lince může být připojen vždy jen jeden master.

Použitý sériový kabel má délku 1m a je vybaven koncovkou RJ-45. Doplňující informace (viz. obr. 8, 9 a tab. 2).



Obr.8 - Koncovka RJ-45



Obr. - 9 Datové vodiče

Pin	Signal	Direction	Function
1	RTS	Output	Request to Send output
2	CTS	Input	Clear to Send input
3	RXD	Input	Receive Data input
4	TXD	Output	Transmit Data output
5	DCD	Input	Data Carrier Detect input
6	DTR	Output	Data Terminal Ready output
7	+5V	Output	+5VDC output to power external protocol converters
8	GND	--	0V/Gnd signal reference

Tabulka 2: Význam datových vodičů

2.3 Logování bodů

Cimplicity Database Logger (logování do databáze) poskytuje jednoduchou cestu jak analyzovat systémové procesy pomocí logování a výběru dat do/z zvolených ODBC databází. Pro logování bodů se využívá standardního rozhraní ODBC. Toto rozhraní je použito jak pro přístup k vnějším datovým zdrojům tak ke vnitřním zdrojům Cimplicity. Data jsou ukládána pomocí tabulek, které budou zajišťovat logování zvolených položek. Je nutné specifikovat jak, kdy a do jakého ODBC datového zdroje zvolená data ukládat a v jakém objemu či do jakého časového horizontu data skladovat. Vnější datové zdroje nejsou součástí projektu. Proto pokud je projekt přenesen na jiný počítač, jsou takto skladovaná data nedostupná.

Data jsou tedy logována buď do vnitřní databáze Cimplicity (databázové soubory nebo Cimplicity SQL) nebo do vnějšího zdroje připojeného přes ODBC. SQL nebo soubor, do

kterého data ukládá jsou oboje databáze. Přístup do nich může zajišťovat ODBC. Některá data jsou uložena do místních souborů (databází) a jiná do těch vzdálených (síťových). Všechny přístup ať do SQL nebo "souborů" zprostředkovává ODBC, který ví (přes své ovladače) jak příslušné databáze (SQL, soubory) obsluhovat. Přičemž k pozdějšímu přístupu k datům se dá použít nástrojů MS Office – Access nebo Excel.

2.3.1 Cimplicity SQL

Jedná se o omezenou verzi Microsoft SQL serveru, jehož databáze pojme maximálně 2GB dat. Výkon serveru začne po 5 připojeních klesat. Zapisování je omezeno na logování alarmů a bodů. Pro potřeby této práce je to naprosto postačující. V reálných provozech jsou použity licence, které mají vlastní Cimplicity SQLserver, pro plnohodnotné ukládání dat. Veškerá zpráva je prováděna přes nastavení tabulek v Cimplicity Database Logger.

2.3.2 Rozhraní ODBC

ODBC ovladače jsou spjaté s členěním aplikace do dvou částí, oddělených ODBC rozhraním. Vlastní ODBC ovladač přejímá od aplikace příkazy pro zpracování dat a vykonává tyto příkazy v datové základně. Výhodou tohoto řešení je možnost jednoduché změny ODBC ovladače za jiný - tj. formátu zpracovávaných dat. Vlastní aplikace totiž nerealizuje fyzický přístup k datům. ODBC otevírá soubory vždy ve sdíleném režimu. Protože rozhraní ODBC mělo zajistit jednotnou komunikaci s různými datovými zdroji, bylo třeba knihovny ODBC rozdělit na dvě části - na část společnou pro všechny datové zdroje a na část určenou ke komunikaci s konkrétním databázovým zdrojem. Část společná pro všechny datové zdroje se nazývá ODBC Driver Manager a komunikace s databázovým zdrojem zajišťuje ODBC ovladač (driver). Klientská aplikace komunikuje se společným jádrem (Driver Managerem). Ten zajistí část logiky pro vykonání požadavku a zbytek předá ke zpracování příslušným ovladačem. Provádí také v rámci možností ošetření chyb a může zaznamenávat volání funkcí pro účely ladění. ODBC ovladač si řídí veškerou komunikaci se skutečným datovým zdrojem. Jeden ovladač může také komunikovat s více datovými zdroji stejného typu (např. s různými SQL Servery).

2.4 Virtuální model čističky odpadních vod

Pro potřeby testování využití přenosu technologických informací pomocí SMS zpráv bylo nezbytné alespoň částečně nasimulovat chod reálného zařízení. S ohledem na zakázku zadavatelské firmy, která se týkala rekonstrukce řídicího systému čistírny odpadních vod v Bělé pod Bezdězem a také z nemožnosti přístupu k jinému vhodnému bezobslužnému řízenému celku bylo pro potřeby této práce zvoleno vzdálené řízení a monitorování právě tohoto zařízení. Obsluha je zde přítomna jen v hlavní denní směně, provoz o 2. a 3. směně, o víkendech a o svátcích je částečný bezobslužný. To znamená, že obsluha je zastoupena 1 pracovníkem, který v pravidelných cyklech (1-3 hodiny) vykonává kontrolu zařízení. Zákazník tedy požadoval hlášení poruchových a havarijních stavů obsluze do místa bydliště automaticky po telefonní lince či bezdrátově. Měřenými a řízenými veličinami jsou především výšky hladin vody v nádržích, průtoky vody, provozní stavy technologických zařízení (motory, čerpadla, měnič), koncentrace kyslíku, teplota a pH vody. Program vytvořený a nahraný do PLC umožňuje simulovat tyto základní parametry provozu a díky přepínacímu přípravku je možné aktivovat poruchy některých zařízení. Díky možnosti spínání 6 vstupů je možné navodit kolizní stavy při odesílání SMS zpráv a při komunikaci s mobilním telefonem obecně (více skriptů potřebuje komunikovat s mobilním telefonem - v daný čas může komunikovat jen jeden).

Hlášení musejí být podávána automaticky v předem daném intervalu, při výskytu určité události nebo na vyžádání formou dotazu na stav zařízení. Pomocí SMS příkazů musí být možné měnit nastavení odčerpávacích cyklů, řízení chodu a výkonu dmychadel a jejich odstavování, zastavení, restartování a opětovné spuštění provozu.

Všechny programově generované parametry odpovídají reálným hodnotám, souvislosti mezi podmínkami chodu či výpadky elektrických zařízení také. Odezvy na změnu parametrů nebo chodu zařízení jsou okamžité (samozřejmě zpožděné o přenosovou cestu SMS v síti GSM).

Popis hlavních parametrů ČOV je uveden v příloze 4.

III. Aplikace vzdáleného řízení a monitorování

Výsledkem této části diplomové práce je funkční aplikace umožňující kontrolovat a částečně řídit proces čištění odpadních vod zasíláním SMS zpráv GSM terminálu a přijímání interpreterem generovaných textových zpráv zobrazovaných na displeji mobilního telefonu. Zprávy mohou být tří typů: dotazovací, příkazové nebo potvrzovací. Funkci terminálu v současnosti plní mobilní telefon Siemens. Do budoucna se počítá s použitím GSM modemu. Přijaté zprávy jsou interpreterem zpracovány do podoby jednotlivých klíčových slov, vykonají se požadavky obsažené ve zprávě a je pro ně vygenerována odpověď, která je zpětně zaslána na mobilní telefon koncového uživatele (technika ve službě).

Aby byl tento přenos možný, bylo nezbytné mít vhodný program zajišťující odesílání a příjem SMS zpráv. Zadavatelská firma má zkušenosti se sériovou komunikací s mobilními telefony a vyvíjela program, který tento problém řeší. Při prvních konzultacích ve firmě CMS mi bylo doporučeno, abych využil stávajících základních funkcí programu (odeslání, příjem) v diplomové práci. V průběhu roku jsem se podílel na testování funkcí programu na různých typech mobilních telefonů.

Nakonec jsem tedy potřeboval zařízení, u kterého by bylo možné snímat zvolené hodnoty a také je měnit. Zařízení použitelné při reálném řízení, představující standard v oboru řízení technologických procesů a simulující daný proces. Zvolil jsem programovatelný automat VersaMax Nano a jeho programování se věnují následující kapitoly.

3.1 Simulace ČOV

Mým prvním úkolem bylo vybrat a naprogramovat vhodný řídicí automat, pomocí kterého by bylo možné simulovat chod zvoleného procesu čištění odpadních vod. Jak již bylo zmíněno v úvodu, zvoleným produktem je nejmenší PLC řady VersaMax, tedy automat Nano. Jeho hlavní specifikace byla zmíněna již dříve. Tento produkt nabízí pouze 10 I/O bodů, ale způsobem a možnostmi programování, nahrávání programu do PLC, obsahem a strukturou paměťových prostor, obsaženými funkcemi pro matematické či datové operace, rychlostí zpracování instrukcí, rychlostí čtení vstupů a zápisu na výstupy je shodný či se blíží hierarchicky výše umístěným typům PLC z rodiny GE Fanuc, které se v používají pro řízení těchto technologických celků ve skutečnosti.

3.1.1 Programování logického automatu

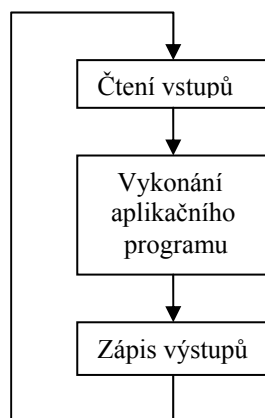
Nejprve bylo nutné se seznámit s jednotlivými funkcemi prostředí Cimplicity_ME, naučit se pracovat s jeho programovými nástroji a pochopit základní principy programování PLC v žebříčkové logice tak, aby bylo možné vytvořit aplikační program, který obsahuje veškerou logiku potřebnou pro řízení činnosti Nano PLC. K dispozici mi byla poskytnuta poslední verze programového prostředí Machine Edition v3.0 SP6.

Při programování PLC byl kladen důraz na vytvoření takové simulace, která by se především ve formě výstupních hodnot a stavů co možná nejvíce blížila reálnému stavu zařízení. Vnitřní parametry (stavy snímačů, stykačů, relé, pomocných motorů) nejsou pro potřeby této práce důležité. Podobně jako vzájemné interakce hodnot jednotlivých průtoků, výšek hladin a spínání čerpadel, které se ve skutečnosti ovlivňují. Bylo důležité umožnit nastavování a přepínání pomocí SMS zpráv těch hodnot a zařízení v rozsahu, ve kterém je ve skutečnosti obsluhou prováděn z dispečerského stanoviště pomocí rozhraní vizualizační obrazovky programu Cimplicity_PE.

V následující části bude postupně popsán průběh práce při programování Nano PLC.

Proces tvorby aplikační logiky

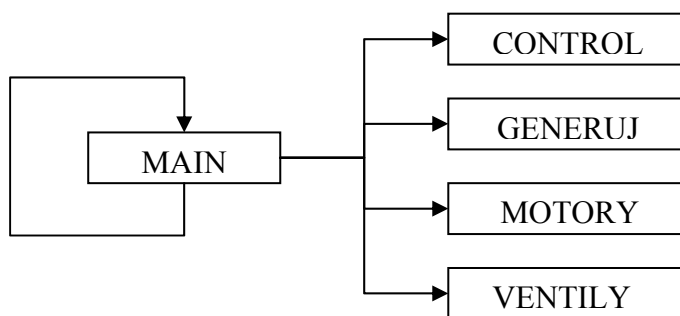
Aplikační program obsahuje veškerou logiku potřebnou pro řízení činnosti systému Nano, dle specifik provozu uvedených v příloze 4. Programy jsou uloženy v energeticky nezávislé paměti (flash). Maximální velikost programu pro Nano PLC je 2K slov. Během cyklu CPU (popsaného v 2.2.1 této práce) čte Nano vstupní data a ukládá je do svých konfigurovaných vstupních paměťových pozic. Poté jedenkrát vykoná celý aplikační program s použitím těchto vstupních dat. Při zpracování aplikačního programu se vytvářejí nová výstupní data, která jsou umístěna do konfigurovaných výstupních paměťových pozic. Po dokončení zpracování aplikačního programu CPU zapíše tato výstupní data na pozice jednotlivých výstupních bodů. Proces při zpracovávání aplikační logiky je uveden na následující straně (viz. obr. 10).



Obr. 10 – Vykonávání aplikačního programu

Aplikační program se skládá z hlavního programu MAIN, který volá čtyři podprogramy (max. počet pro Nano je 8 podprogramů, celkem mohou být použity 9 bloků včetně hlavního) a je vytvořen v žebříkové logice.

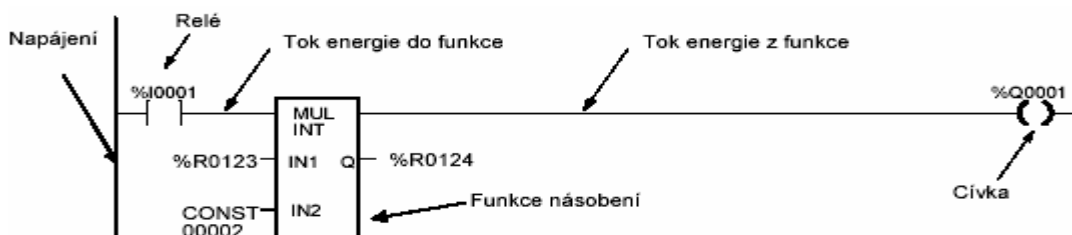
- control – zajištění celkového řízení technologie, hlídání poruchových stavů a výpadků zařízení
- generuj – výpočty hodnot pro simulaci průtoků, výšek hladin, teplot, koncentrací kyslíku a hodnot pH
- motory – zajištění chodu motorů, čerpadel, měniče
- ventily – řízení ventilů a simulace jejich poruch



Obr. 11 – Obsluha podprogramů hlavním programem

Žebříková logika

Tento programovací jazyk PLC systémů se zpracovává odshora dolů. Zpracování logiky se podobá "toku energie", který probíhá shora, podél levého "sloupku" žebříku a zleva doprava podél každé příčky v posloupnosti. Logický tok každou příčkou je řízen sadou jednoduchých programových funkcí, které fungují jako mechanická relé a výstupní cívky. Zda relé propustí nebo nepropustí logický tok příčkou závisí na obsahu paměťové pozice, se kterou je relé v programu sdruženo.

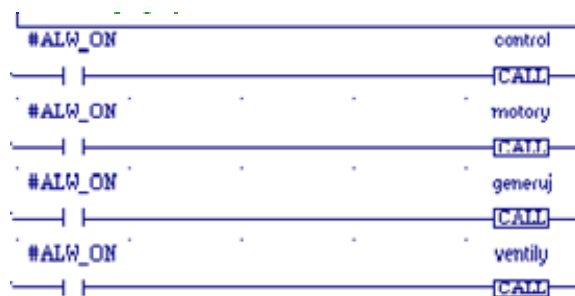


Obr. 12 – Tok energie „příčkou“

Relé propustí logický tok, jestliže k němu přidružená paměťová pozice obsahuje hodnotu 1. Totéž relé logický tok nepropustí, když paměťová pozice obsahuje hodnotu 0. Jestliže relé nebo jiná funkce na příčce logický tok nepropustí, zbytek příčky se nezpracuje. Logický tok potom postupuje podél levého sloupku k následující příčce. V rámci příčky lze použít řadu funkcí souhrnně nazývaných sadou instrukcí jednotky Nano PLC.

Blok MAIN

Tento programový blok obsahuje 5 bloků programu (viz. obr. 13). Stará se tedy o volání podprogramů zpracovávajících hlavní části programové logiky PLC. Každý řádek začíná normálním otevřeným kontaktem, který propustí energii pokud je jeho hodnota v logické 1. Pro sepnutí kontaktu je použita systémová adresa %S0007. Její význam je „vždy zapnuto“ (Always on). Pokud je PLC v režimu běhu je hodnota této proměnné rovna 1. Použití této stavové adresy zaručí, že se další programové cykly začnou vykonávat ihned po startu automatu. Toto se týká bloků GENERUJ, MOTORY a VENTILY, blok CONTROL má další podmínky nutné pro spuštění. V případě potřeby nevykonávání zvoleného bloku, např. při ladění programu stačí nahradit adresou %S0008 - „vždy vypnuto“.

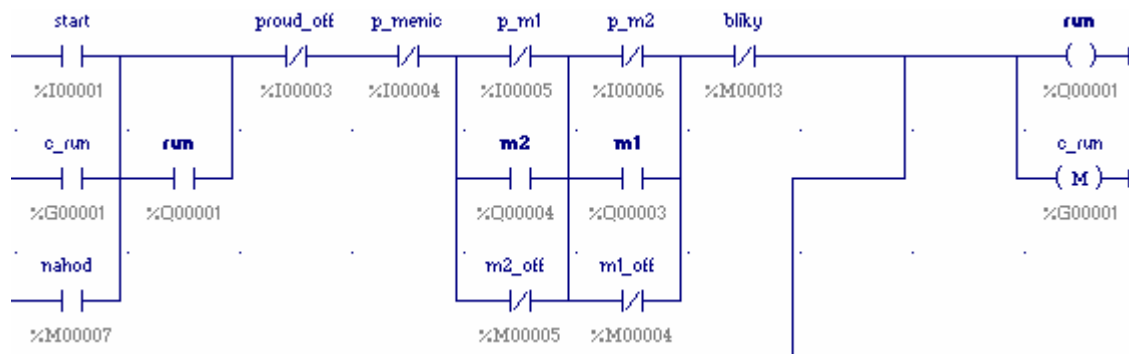


Obr. 13 – Volání podprogramů

Blok CONTROL

V tomto bloku se zajišťuje spouštění, zastavování a resetování systému, kontroluje se připravenost jednotlivých zařízení před spuštěním a indikují se zde poruchové stavy těchto zařízení. Díky spínacímu přípravku disponujícímu 6 vstupními přepínači je možné simulovat poruchy frekvenčního měniče, dmychadel M13, M14 a spínat výpadek napájení pro celou technologii. Možnost fyzické kontroly právě těchto vstupů byla zvolena proto, že i v reálném provozu patří indikace stavu zmíněných zařízení k nejdůležitějším. Řízení ostatních prvků především čerpadel a pump (M16-18, M25, M36, 37, M21-24, atd.) je z důvodu nízkého počtu I/O bodů PLC Nano řešeno simulací jejich provozních stavů. Tato zařízení jsou při provozu plně autonomní a trvale sepnuta. Některá čerpadla, např. M25 jsou spínána v časovém intervalu, podobně jako stavítka M27, M28 či šoupátka M48, 49 ovládající přítoky vody do jednotlivých nádrží. Tyto časové intervaly je možné libovolně nastavovat. Takového chování vyplývá z částečné bezobslužnosti provozu. V případě poruchy některého motoru, čidla nebo jiného zařízení obsluha nejdříve vizuálně na místě zkontroluje jeho fyzický stav a případně zajistí jeho výměnu. Z tohoto důvodu je pro potřeby této práce dostačující využití omezeného počtu spínaných vstupů, a u ostatních zařízení postačí základní signalizace sepnuto/vypnuto. Vzájemná interakce vzhledem k použité technologii nezpůsobí žádný kritický stav – např. při výpadku čerpadla se nádrž naplní a poté přeteče odpouštěním otvorem. Programová logika pak zajišťuje správné vzájemné vazby v případě dané poruchy. Signalizace poruchy, která způsobí výpadek systému, je indikována blikáním diody 2.

V poslední části bloku je ošetřeno provedení restartu PLC, při kterém dojde k resetování chybových hlášení a provedení startu, v případě splnění podmínek (nejsou indikovány chyby). Na následující stránce je pro ilustraci uveden 1 řádek programu (viz. obr. 14).



Obr. 14 – Logika pro start PLC

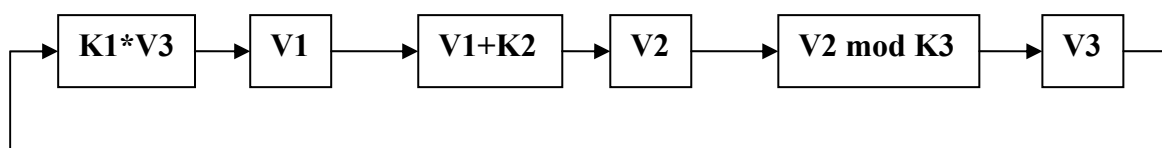
Po sepnutí přepínače na ovládacím přípravku dojde k sepnutí kontaktu „start“, v případě že se nevyskytnou žádné chyby a alespoň jedno dmychadlo je funkční (při výpadku druhého) tak dojde k sepnutí cívek *run* a *c_run*. První sepnutí a drží sepnutý výstup PLC pokud nedojde k přerušení toku energie, což se projeví rozsvícením první diody na přípravku. Proměnná *run* není retentivní, její hodnota se smaže pokud dojde k zastavení aplikace (stop PLC) nebo k restartování. Toto nastavení je provedeno z důvodu zajištění počátečního stavu „vypnuto“ po zapnutí PLC. Proměnná *c_run* je referencí typu globálních dat, které se obecně užívají ke sdílení dat mezi několika automaty nebo jako v tomto případě mezi PLC a PC, kde je proměnnou pro potřeby vizualizace. Paměť %G je vždy retentivní – její hodnota je uložena a po obnovení spojení je jí nahrazena počáteční hodnota dané proměnné. Při programování rozsáhlých systémů se data pro vizualizaci obvykle ukládají právě do těchto proměnných z důvodů přehlednosti a programátorského komfortu.

Blok GENERUJ

Jak napovídá jeho název zajišťuje generování hodnot pro simulované průtoky, nátoky, výšky hladin, teploty vody, koncentrace kyslíku a hodnoty pH vody. Tedy všech veličin, které se snímají v reálném provozu, a podle jejichž hodnot PLC nebo obsluha (pokud tak uzná za vhodné) vykonává patřičné zásahy do řízení procesu čištění odpadních vod. Těmito zásahy jsou hlavně změny v cyklech spouštění čerpadel dle výšky hladiny vody. Generované hodnoty odpovídají v řádech hodnotám reálným. Průběh jejich změn je skokový, protože jsem se potýkal s problémy generovat v potřebných rozmezích kontinuální hodnoty např. pomocí sinusových průběhů. Kdy nebylo možné získat hodnoty v potřebných mezích nebo byl průběh

změn příliš rychlý (desítky změn/sekunda) pro načítání hodnot do vizualizace (nedocházelo k správným zobrazováním).

Funkce random není mezi instrukcemi PLC. Byl použit obecný generátor čísel (viz. obr. 15) pracující s třemi konstantami $K1$, $K2$, $K3$, jejichž hodnotou musejí být prvočísla a musí platit: $K1 > K2 > K3$. Pak je zajištěno náhodné generování čísel. $K3$ určuje rozsah generovaných čísel (0 až $K3-1$). $V1$, $V2$, $V3$ jsou proměnné, do kterých se ukládají výsledky jednotlivých operací. Jejich počáteční hodnoty jsou nulové. $V3$ je jednak výstupem z generátoru a také vstupní hodnotou pro další cyklus výpočtu náhodného čísla.



Obr. 15 – Logaritmus generování čísel

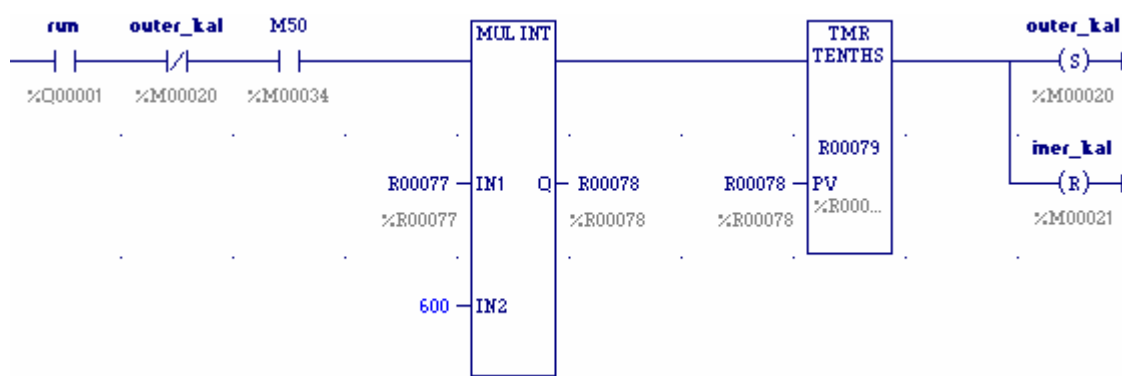
Výstupní hodnoty z generátoru jsou typu integer. A jako všechny analogové hodnoty se ukládá do registrů – proměnných typu %R. Aby se vygenerované hodnoty blížily reálným snímaným veličinám je nutné dle potřeby přičítat či odečítat další hodnoty. Aby bylo zaručeno nahodilé měnění hodnot po určitém čase, jsou do programové logiky vřazeny časovače a čítače.

Blok MOTORY

Možnost řízení chodu motorů, dmychadel, čerpadel a měniče je zajištěná zde obsaženou logikou. Mezi hlavní prvky technologie patří dmychadla M13, M14 zajišťující dostatečné provzdušnění čištěné vody v nitrifikačních nádržích. Otáčky těchto dmychadel jsou řízeny frekvenčním měničem, v závislosti na průměrném obsahu kyslíku v obou nádržích. Signalizace stavu je indikována vzhledem k počtu výstupů pouze pro dmychadla M13 (3. dioda), M14 (4. dioda) a měnič (2. dioda). Bez poruchy a v provozu svítí, při poruše blikají. Zhasnutý stav indikuje nečinnost. V případě výpadku obou dmychadel nebo měniče (nelze řídit otáčky motoru) dojde ke stavu, kdy není možné provzdušňování a proces čištění neprobíhá správně. Tento stav je indikován blikáním 2. diody. Přepínání chodu motorů je možné nastavit v rozmezí 1-24 hodin, nastavením hodnoty registru %R00067. Nastavování delšího času není u tohoto typu žádoucí, protože dostupné čítače pracují s intervaly 0.1

sekundy. Při normálním provozu jsou dmychadla přepínána po týdnu a nepracující funguje jako záložní. Tyto nastavení je možné provádět opět oběma způsoby – pomocí SMS zpráv i přes vizualizační obrazovku. Stejným způsobem se nastavují časové programy pro stavítka M27, M28 řídící nátok vody do lapáků písku (%R00067), dmychadla M15 (%R00067, normální provoz při aktivaci čerpadla M18) a čerpadla přebytečného kalu M25 (%R00067), které se pracuje 1-2x denně po dobu 5-60 minut.

Následující část logiky (viz. obr. 16) zajišťuje čerpání přebytečného kalu dle časového programu na vnější okruh biologického stupně. Podmínky pro přepnutí jsou následující: zařízení v chodu (*run*), je sepnut vnitřní okruh (*M50*). Funkce násobení převede hodnotu v minutách z registru %R00077, na desetiny sekundy a uloží ji do %R00078. Jehož hodnota je výsledným časovým údajem po jehož uplynutí *timer* propustí energie k cívce *outer_kal*. Její hodnota se změní na 1, zatímco hodnota *iner_kal* na 0 a dojde k otevření šoupátka M51 (v jiné části logiky).



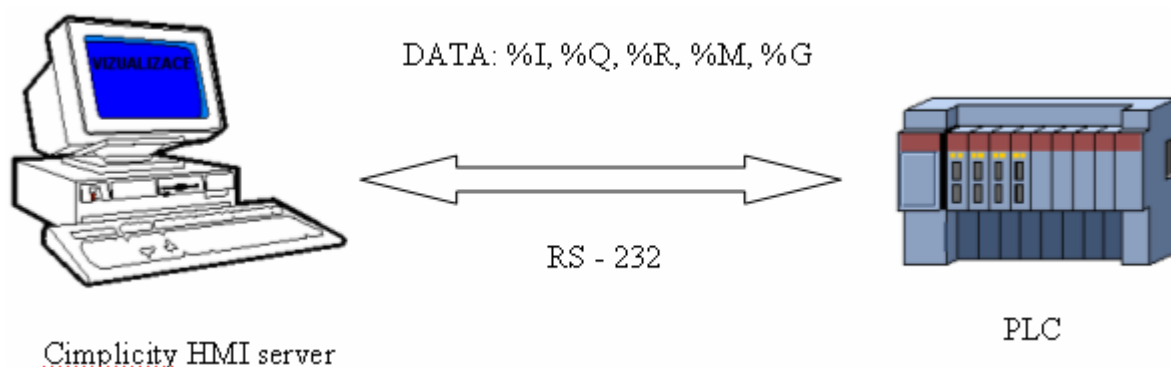
Obr. 16 – Logika pro přepnutí okruhu

Blok VENTILY

Slouží k indikaci 4 stavů jednotlivých ventilů. Ventil může být otevřen, zavřen, bez poruchy nebo v poruše. Spínání ventilů je ovládáno v závislosti na přepínání jednotlivých okruhů, ale může být řízeno obsluhou, pokud tak při některých nestandardních situacích množství vody, či poruše některého z ventilů v daném okruhu uzná za vhodné. Poruchové stavy ventilů jsou inicializovány pomocí funkce *random* v Cimplicity PlantEditon automaticky hlášeny.

3.1.2 Vizualizace

Řízená technologie je částečně bezobslužná a tak bylo nutné vytvořit vizualizační rozhraní (viz. obr. 19) umožňující v případě přítomnosti obsluhy na pracovišti měnit jednotlivé parametry procesu čištění přes obrazovku počítače, a mít tak kontrolu nad celým procesem čištění odpadních vod. Z vizualizace lze také snadno měnit čísla koncových uživatelů, na která mají přicházet SMS zprávy. Pro potřeby interpreteru – programu vytvořeného též pod prostředím Cimplicity_PE, bylo stejně nezbytné namapovat ve vizualizačním prostředí veškeré body (cca 80 proměnných), jejichž hodnoty zpracovává a předává je jako informace o stavu technologie pomocí SMS zpráv. Veškerá nastavení vizualizační obrazovky jako otevírání, zavírání ventilů, přepínání motorů se provádějí s využitím myši, jen některé hodnoty, časy pro chod zařízení a čísla mobilních telefonů, se zadávají přes klávesnici.



Obr. 17 – Princip vizualizace řízeného procesu

Založení projektu a jeho konfigurace

V této části bude popsán postup nastavení parametrů pro správnou funkci projektu, pod kterým bude vytvořena nejen vizualizační část, ale pomocí skriptovacího jazyka i interpreter.

Při zakládání nového projektu se nejprve specifikují jeho vlastnosti. Pro dostupnost potřebných nástrojů a funkcí byly zvoleny položky BASIC CONTROL a DATABASE LOGGER. Umožňují používání základních funkcí nástroje *workbench*, jako je tvorba vizualizací, nastavování práv uživatelů, používání skriptovacího jazyka, logování bodů a širokou paletu dalších funkcí, z nichž použité budou zmíněny v další části textu. Po nastavení těchto položek se spustí průvodce nastavením komunikace s PLC Nano. Pro toto zařízení a

zvolený protokol (SNPX) nepodporuje autodetekci PLC ani načtení jeho paměti. Proto je nezbytné provést tato nastavení ručně (viz. část Konfigurace bodů).

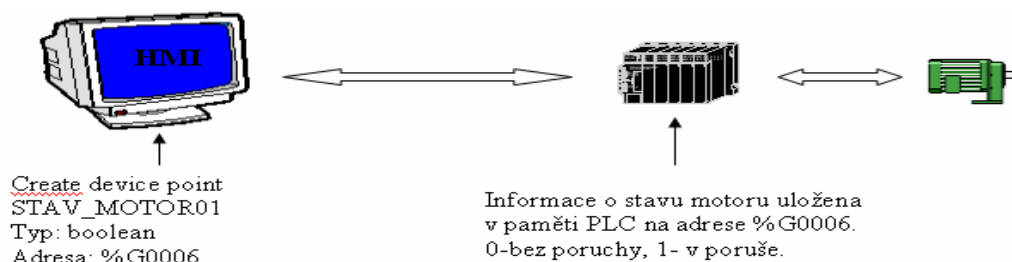
Jako nejdůležitější parametr při komunikaci s PLC se po několika dnech neustálého vypadávání spojení po několika prvních minutách ukázal být parametr *Scan rate*. Ten specifikuje interval čtení paměti PLC – čas obnovování hodnot ve vizualizaci. Nejprve byly nastaveny hodnoty do 1 sekundy, ale pravděpodobně nedocházelo k přenesení obsahu celé paměti nebo se vyskytovaly chyby, které nebylo možné nijak vysledovat. Po konzultacích s pracovníky firmy, kteří měli podobné problémy (v reálném provozu se komunikuje přes RS-485) byl čas zvýšen na 3 sekundy. Od té doby nedošlo k jedinému výpadku komunikace. Pro ošetření výpadku slouží nastavení parametru *Retry count*, který udává počet pokusů po které se Cimplicity pokusí o navázání komunikace s PLC. Ponechána hodnota 3. Dále je povoleno zobrazení posledních načtených hodnot (*Enable stale data*), v případě výpadku spojení se nezobrazí místo 123 XXX. Výpadek je jinak indikován „zčernáním obrazovky“ a alarmovou událostí *\$Device_down alarm*. Tím je ukončena konfigurace projektu pro daný typ PLC a projekt je připraven pro další práci, vedoucí k vytvoření vizualizačních obrazovek a funkční aplikace umožňující přenos technologických informací pomocí generování SMS zpráv.

Konfigurace bodů (mapování proměnných)

Aby bylo možné ovládat proces řízený Nano PLC, tedy měnit hodnoty uložené v paměťových prostorech automatu, je nutné tyto body nejdříve v projektu vytvořit a správně je nakonfigurovat (princip viz. obr. 18).

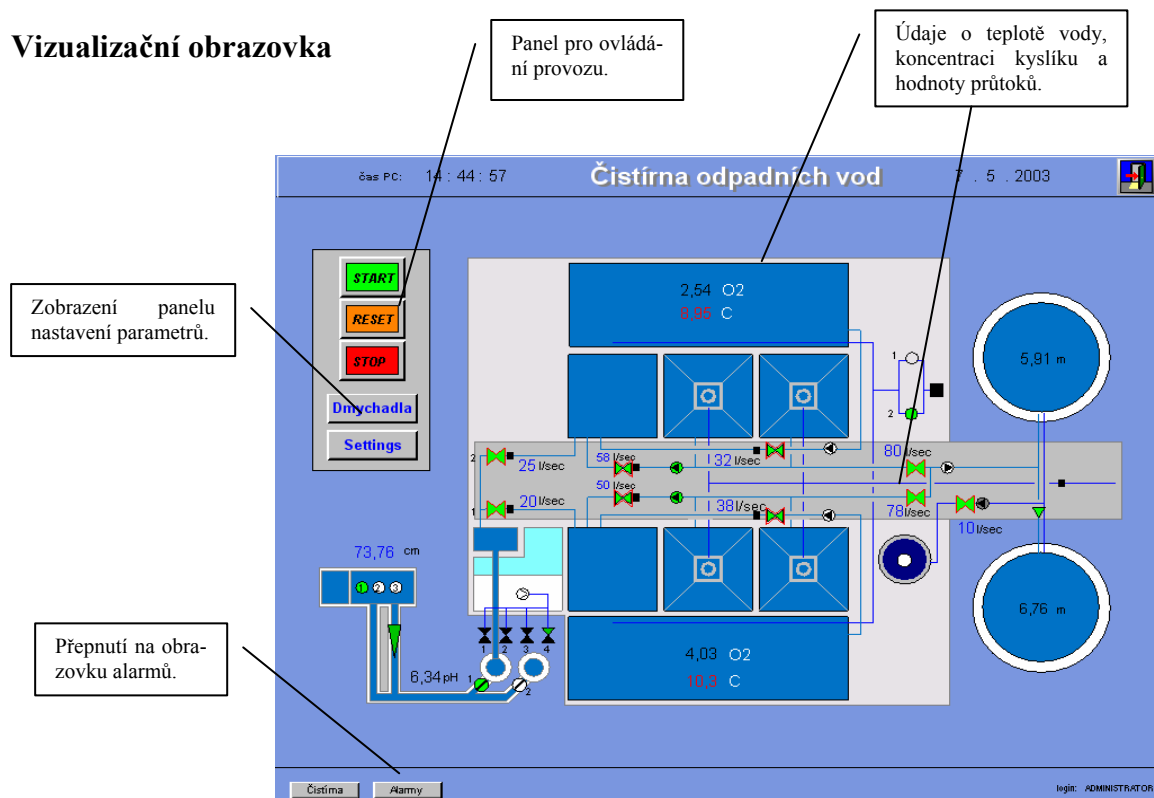
Cimplicity shromažďuje nebo generuje hodnoty bodů pro potřeby vizualizačních obrazovek, alarmových obrazovek, logovacích tabulek a dalším programovým nástrojům Cimplicity_PE. Správa bodů je pak zajištěna podsystémem *Point Management*. Při vytváření nového bodu se specifikuje zdali jde o bod zařízení (fyzický) či virtuální (ty jsou používány jako pomocné body u interpreteru) a jakého je typu – *analog*, *boolean*, *string*. Dále je nutné správně určit zdrojový prostředek bodu. Použity jsou pouze body, jejichž správu zajišťuje zdroj *PTM_FR* (Point Management Info). Další možné jsou systémové zdroje a události. Posledním nastavením je zadání adresy, která odpovídá adrese snímaného bodu v PLC. Chybné zadání jednoho z těchto dvou údajů se projeví po spuštění projektu, kdy při první operaci s daným bodem dojde dle jejího typu ke spuštění chybového hlášení nebo jiného upozornění

indikujícího nesprávné nastavení bodu. Tímto postupem se nastaví všechny body, které jsou potřebné pro správnou činnost vizualizace a interpreteru.



Obr. 18 - Princip mapování bodů

Vizualizační obrazovka



Obr. 19 – Hlavní vizualizační panel

Obrazovky „Nastavení parametrů“ a „Alarmy“ a jejich popis jsou uvedeny v příloze 5.

3.2 Interpreter

Představuje ústřední prvek celé aplikace. Zajišťuje všechny činnosti nutné k tomu, aby koncový uživatel po odeslání dotazu ve formě SMS zprávy ze svého mobilního telefonu dostal obratem zprávu informující ho o stavu dané technologie. Interpreter vytvořený v programovém editoru nástroje *Basic Control Engine (BCE)* zajistí interpretaci textu obsaženého v načtené SMS zprávě do takové podoby, ze které porozumí dotazu a je tak schopen vytvořit odchozí zprávu obsahující požadované informace nebo provede nastavení technologie dle parametrů obsažených v přijaté zprávě. Komunikace s mobilním telefonem – načtení a odeslání textové zprávy, je zajištěna voláním funkcí knihoven programu *SMSmodule* firmy CMS. Zde je na místě zdůraznit, že pro potřeby této práce jsem program převzal a jsem v úzkém kontaktu s jeho programátorem, se kterým implikujeme změny řešící problémy, které jsou zjišťovány v průběhu testování aplikace.

BCE kombinuje výhody Cimplicity při správě bodů a s Visual Basicem kompatibilního skriptovacího jazyka rozšiřujícího možnosti této správy. Zajišťuje správu všech vytvořených událostí a vykonávání příslušných akcí. Skládá se z editoru událostí a programového editoru. Editor událostí umožňuje definovat akce které jsou reakcemi na události, jež nastanou v procesu. Událostí může být změna bodu, stavu alarmu či specifický čas. Jedna událost může spustit několik akcí a naopak. Programový editor poskytuje na 500 standardních funkcí VB a objektové rozhraní umožňující přístup k bodům a alarmům v Cimplicity. Programy mohou být vykonávány jako akce v odezvě na dané události.

3.2.1 Základní principy vykonávání skriptů

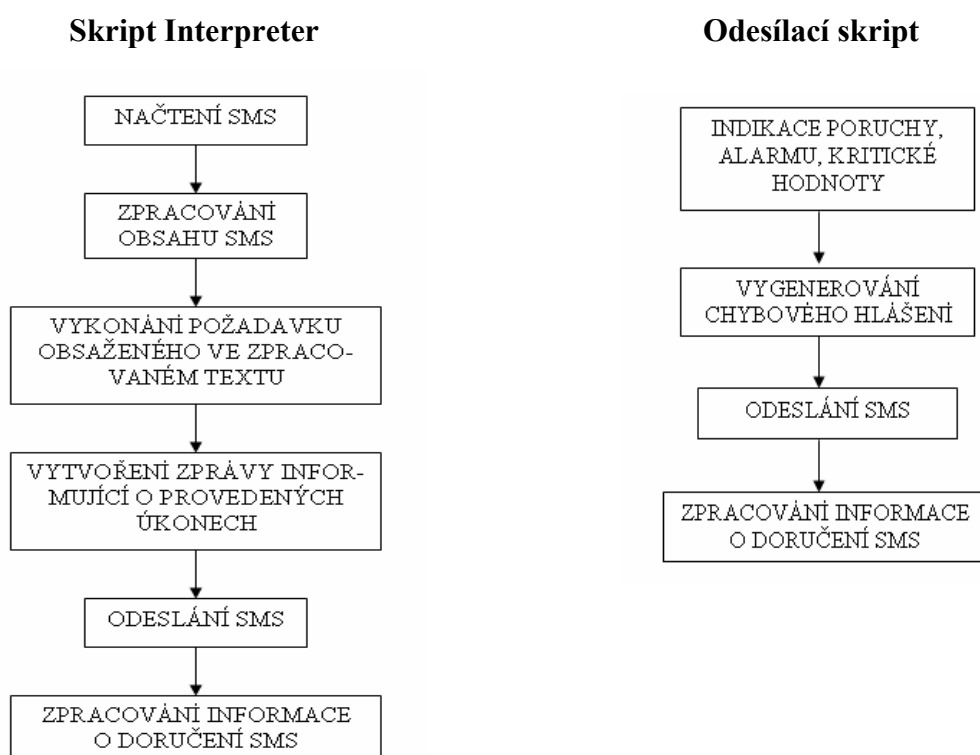
Zpracování textu SMS zprávy začíná po jejím načtení z mobilního telefonu. Zpráva začíná číslem mobilního telefonu ze kterého byla odeslána, po něm následuje znak “ | “, který odděluje číslo od vlastního textu zprávy. Číslo je v mezinárodním formátu, má tedy 13 znaků. U zpráv od operátora, je kratší (kupř. 4603). Předávaný textový řetězec vypadá následovně:

+420603123456|TAKTO VYPADA OBECNY FORMAT ZPRAVY

Délka zprávy je omezena 160 znaky (delší zprávy jsou rozdělovány a ne všechny telefony podporují spojování zpráv), což se ukázalo být pro jakýkoli dotaz na stav zařízení či příkaz ke

změně parametrů naprosto postačující. Formát odchozí zprávy se liší jen v délce zadání čísla, které musí být 9-ti nebo 13-ti místné. Dotazy, tedy příchozí SMS jsou zpracovávány skriptem *INTERPRETER*. Hlášení, tedy automatické zasílání poruchových a alarmových zpráv je zajištěno pro každé zařízení vlastním skriptem. Tyto skripty je možné spouštět jen jako reakce na vybrané události, kterými jsou v případě této aplikace změny bodů a čas. Tato nastavení se provádějí ve zmíněném *Event Editoru*. Poruchové a kritické stavy zařízení a hlídání mezních hodnot vybraných veličin je zajišťováno událostmi *Point Change*, *Point Equal*. Pokud dojde např. k poruše dmychadla, změní se hodnota bodu *motor01_stav* z 0 na 1, a je spuštěn skript *M1*, který zajistí zaslání připravené informační zprávy s upřesňujícími údaji na určený mobilní telefon. Tento způsob, kdy pro každé zařízení existuje vlastní skript není nejšťastnější (více hlídaných prvků = více skriptů), ale umožňuje větší flexibilitu při vytváření zpráv. Neomezuje se na zprávy typu: „Zařízení XYZ v poruše.“

Skript pro dotazy je spouštěn v časovém intervalu 1 minuty. Pokud není SMS, skript se ukončí, v opačném případě zprávu(y) načte, zpracuje a zajistí provedení daných operací a zašle na číslo mobilního telefonu ze kterého zpráva přišla odpověď. Základní principy obou typů skriptů ilustrují následující dva obrázky.



Obr. 20 – Postup vykonávání skriptů

Přenos textového řetězce zprávy mezi Cimplicity a mobilním telefonem a naopak zajišťují 3 funkce knihovny SmsDll.dll programu SMSmodule.

- **GetCount** – načte SMS z mobilního telefonu do *bufferu*, zprávy vymaže, a vrátí hodnotu udávající počet zpráv načtených zpráv. 0...žádné zprávy.
- **GetSMS** - načte z bufferu zprávu jako textový řetězec obsahující číslo, “|” a vlastní zprávu. Parametr = 0 – chybové hlášení od mobilního telefonu. např. při poruše komunikace s PC.
- **SendSMS** – zajistí odeslání zprávy z mobilního telefonu. Jako parametr vrací číslo udávající chybu při odeslání.

3.2.2 Formát zprávy

Základní podmínkou správného zpracování zprávy je její napsání v požadovaném tvaru. V textu se předpokládá používání předem specifikovaných klíčových slov (viz. příloha 6). Počet slov je úměrně závislý množství sledovaných prvků dané technologie. Jednotlivá klíčová slova **jsou od sebe oddělena čárkami**. To je základní podmínka, kterou je nutné při psaní zpráv dodržet. Konec zprávy nevyžaduje žádný speciální znak. Formát viz. následující:

INFO, PROSTOJ, prutok02, STAV KYSLIKU, MOTOR02, ODCERPAVAT KAL

Je možné používat velká i malá písmena. Slova musí být zadávána v 1. pádu. Pokud se dotazujeme na zařízení, kterých je v technologii více, musí se za slovo zadat jeho číslo (motor5, motor05). Typ slov se vytváří po dohodě se zadavatelem (potenciální zákazník). Je vhodné snažit se vytvořit slovník z minima klíčových slov umožňující při použití vhodných kombinací jednotlivých slov co možná nejlepší možnosti řízení a monitorování stavu technologie. Jejich řazení a kombinování by mělo být intuitivní. Použití širokého a složitého slovníku by si vyžádalo nutnost „nápovědy“ (mít po ruce vypsaná slova na papíře). Předpokládá se možnost napsání překlepů či jiných chyb, ke kterým může dojít při zadávání

textu. V takovém případě jsou nerozluštěná slova či jednotlivé znaky zaslána na konci zprávy zpět tazateli, kterému je tak umožněno provedení opravy. Problém ilustruje následující text.

***PRUMERNE HODNOTY PRUTOKU P1-P6 L/SEC JSOU: 45,60,55,80,95,100-
NEROZLUSTENO-ASTAV MOTORI,NFO, JAK SE MAS***

Kde nerozluštěný text by bylo možné interpretovat jako dotaz na stav motoru nebo změnu jeho nastavení, informaci o zaslání celkového stavu zařízení a omylem napsaný text.

V případě, že klíčové slovo má N znaků (PRUTOK), ale je zadáno N-1 znaků (PRUTO) nebo alespoň 3 znaky (PRU) je výsledkem vždy slovo o N znacích PRUTOK. Toto nastavení platí jen pro tuto aplikaci, kde lze každé slovo jednoznačně definovat dle 3znaků a nehrozí záměna dvou slov.

Pokud zadáváme příkazové zprávy je nutné interpreteru danou informaci pro provedení změn v PLC vhodným způsobem předat. Potřebujeme-li parametry nastavovat je nutné zařadit před dané klíčové slovo příslušný povel pomocí kterého se vyvolají funkce zaručující změnu hodnoty příslušného bodu.

Používají se slova *PROVED*, *RESTARTUJ*, *NASTAV(IT)* *CERPAT*, *PRIPOJ*, *ODSTAV*, *PREPNI (NA)*, *PREPNI CHOD (NA)*, *OTEVRI(T)*, *ZAVRI(T)*, společně s názvy zařízení *MOTOR*, *MENIC*, *DMYCHADLO*, *VENTIL*, *STAVITKO*, *RESTART*, *KAL*.

3.2.3 Funkce pro zpracování textu

Po odeslání SMS zprávy, jejím přijetí mobilním terminálem a načtení, je nutné provést interpretaci textu v ní obsaženého takovým způsobem, který zajistí správné vykonání obsažených instrukcí. Toho je docíleno jen při dodržení požadovaného formátu zprávy. Menší odchylky při zadávání jsou, jak již bylo zmíněno, opraveny. Pokud dojde k většímu odchýlení se od možných rozsahů při psaní zprávy, pak není možné zaručit správnou interpretaci textu a program si vyžádá zaslání opravené zprávy. Interpretaci zajišťují následující funkce, seřazené tak jak jsou v programu postupně volány:

- *vyjmi_znaky* – zajistí odstranění možných chybně zadaných znaků (chr(33) . . chr(47) nečíselné a neabecední) na konci zprávy a v textu, kromě čárek používaných jako oddělovače a převedení textu na velká písmena.

- *bez_mezer* – text je bez nežádoucích znaků, připravený ke zpracování, a pro další funkce je nutné znát délku textu. Mezery jsou vypuštěny a čárky nahrazeny oddělovači vymezujícími rozsahy jednotlivých klíčových slov.
- *čísla_zařízení* – doplní případný neúplný formát čísla na dvojciferný, a oddělí číslo od slova, aby bylo možné porovnání slova se slovníkem slov.
- *celá_slova* – v případě zkráceného zadání klíčového slova doplní na jeho správnou délku a porovnává tato slova s obsahem ve slovníku. V případě nenalezení slova ve slovníku ho označí jako nerozluštěný text.
- *naplň_pole* – zápis klíčových slov, čísel zařízení a nerozluštěných slov do tří textových polí, ze kterých jsou následující funkcí postupně načítány a interpretovány.
- *vykonej_požadavky* - vlastní vykonání informace předávané jednotlivými klíčovými slovy. Změní hodnoty daných bodů a vytvoří odchozí zprávu informující o provedených změnách. V případě dotazu zjistí stavy jednotlivých bodů a generuje příslušnou SMS zprávu.

Nejvíce využívanou programovou funkcí je cyklus For..Next, který je nejvhodnější pro zpracovávání textu znak po znaku. Dostupné *parserovací funkce* nejsou totiž tak sofistikované jako ve vyšších programových jazycích. Pro vlastní přístup k bodům se využívá funkce *GetPoint* a *SetPoint*, které obstarají veškeré nastavování hodnot.

3.2.4 Postup zpracování zprávy

Postup je ukázán na zpracování typické zprávy na dotaz postupně pomocí jednotlivých funkcí (viz. 3.2.3). Telefonní číslo je ze zprávy vyjmuto a ověřeno. Zpracovává se tedy pouze obsažený text SMS zprávy Algoritmus je uveden na obr. 25. Telefonní číslo je už vyjmuto a ověřeno.

- **Přijatý text:**

Motor1, MOTO@02, Prutok 2, pruto 4, natok, vytok, teplota v nadrzi1, kysliky, hladina kalu, prutok...,

- **Po ořezání:**

MOTOR1, MOTO02, PRUTOK 2, PRUTO 4, NATOK, VYTOK, TEPLOTA V NADRZI 1, KYKLIKY, HLADINA KALU, PRUTOK

- **Bez mezer:**

MOTOR1|MOTO02|PRUTOK2|PRUTO4|NATOK|VYTOK|
TEPLOTAVNADRZI1|KYKLIKY|HLADINAKALU|PRUTOK

- **Čísla zařízení:**

MOTOR01|MOTO02|PRUTOK02|PRUTO4|NATOK|VYTOK|
TEPLOTAVNADRZI01|KYKLIKY|HLADINAKALU|PRUTOK

- **Celá slova:**

MOTOR*01|MOTOR*02|PRUTOK*02|PRUTOK*04|NATOK|VYTOK|
TEPLOTAVNADRZI*01|KYKLIKY|HLADINAKALU|PRUTOK

- **Vyplnění polí**

a) slov - MOTOR, MOTOR, PRUTOK, PRUTOK, NATOK, VYTOK,
TEPLOTAVNADRZI, HLADINAKALU

b) čísel - 01, 02, 02, 04, , , 01, ,

c) překlepy – KYKLIKY, PRUTOK

- **Odpověď:** MOTOR01 BEZ PORUCHY, V BEHU-MOTOR02 PORUCHA, VE STOPU- HODNOTA PRUTOKU02:85L/SEC- HODNOTA RUTOKU02:140L/SEC- NATOK 2.6m, VYTOK 90L/SEC- TEPLOTA01: 18.2 C- VYSKA KALU 4.3m- NEZNAME:PRUTOK-PREKLEPY:KYKLIKY

V přijatém textu je zjištěn poruchový stav motoru 02, a poměrně vysoká výška ve sběrací nádrži kalu, jedno nerozluštěné slovo (správně-KYSLIKY) a zařízení, které sice je v provozu, ale schází jeho číselné označení (správně - PRUTOKXY). Rozhodneme se tedy odstavit motor2, sepnout odčerpávání kalu na 30minut a znovu se dotázat na koncentrace kyslíku.

Odchozí SMS: *Odstav motor2, cerpat kal 30, kyslik1,kyslik2 (nebo „kyslik info“), prutok5*

- dojde ke stejnému způsobu zpracování jako v předešlém případě a je zaslána informace o úspěšnosti provedení daných nastavení

Příchozí SMS: MOTOR02 USPESNE ODTAVEN, NUTNO OPRAVIT-SEPNUTO
CEPRADLO M25 NA 30 MIN Z BIOLOGICKEHO STUPNE1, OBSAH KYSLIKU
V NADRZI01: 8.5%, V NADRZI02: 5.3%-HODNOTA PRUTOKU05: 64L/SEC.

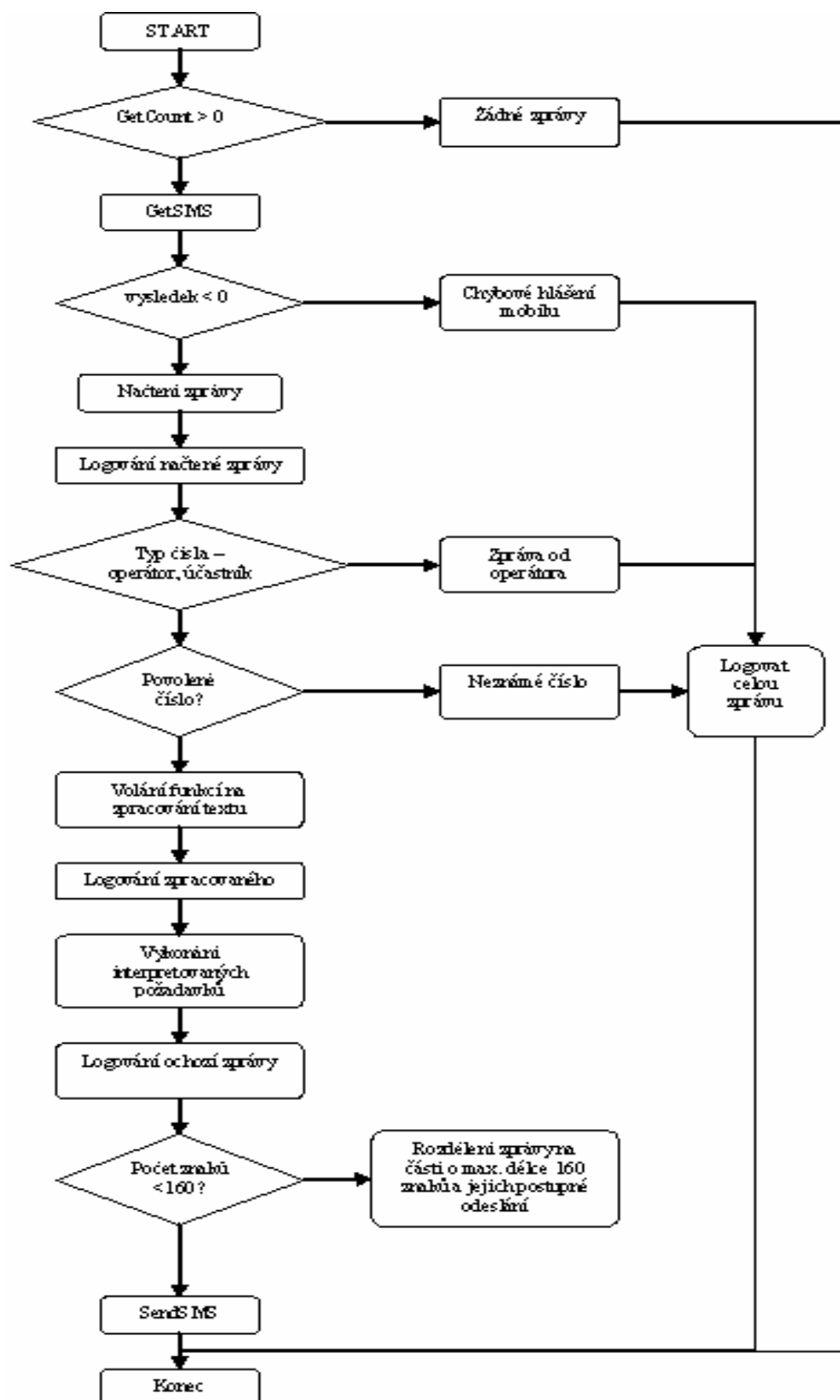
Je vidět poměrně velká flexibilita při tvoření zpráv jak uživatelem, tak interpretem. V případě, že odchozí zpráva obsahuje více jak 160 znaků, dojde k jejímu rozdělení na N částí, každé o maximální délce odeslání a zpráva je N-krát odeslána. K rozdělení samozřejmě nedojde na pozici 160 znaku, ale takovým způsobem, který zaručí srozumitelnost přijatého textu. Rozdělení ilustruje následující příklad, kde červený text označuje 160. znak:

*...MOTOR02 BEZ PORUCHY, VE STOPU,1400OT/MIN-MENIC PRACUJE-HODNOTA
PRUTOKU06: 132L/SEC-NEZNAME...*

KONEC 1. SMS: *...VE STOPU,1400OT/MIN-MENIC PRACUJE*

ZAČÁTEK 2. SMS: *HODNOTA PRUTOKU06: 132L/SEC-NEZNAME...*

Na následujícím obrázku je znázorněn vývojový diagram schematicky popisující zpracování zprávy programovým skriptem.



Obr. 21 – Algoritmus zpracování zprávy

3.2.5 Archivace SMS zpráv

Jedním z požadavků při zadávání práce byla možnost zaznamenávání všech zpracovávaných a generovaných zpráv do databáze nebo tabulky. S ohledem na nabízené logovací nástroje prostředí Cimplicity_PE (viz. 2.3) jsem se rozhodl pro využití *Database Loggeru*. Tento nástroj používá pro ukládání zvolených dat tabulek. Pro každý typ zprávy je jedna tabulka obsahující bod, jehož hodnoty chceme zaznamenávat. Použité body jsou virtuální, které se logují při každé změně bodu. Přijatá zpráva je přesunuta do bodu *Log_in_msg* a dojde k jeho uložení do příslušného souboru prostřednictvím rozhraní tabulky *Příchozí_sms*. V případě, že délka stringu nestačí pro uložení textu zprávy, dojde k vícenásobnému logování.

Tabulka	Bod
PRICHOZÍ_SMS	LOG_IN_MSG
ODCHOZI_SMS	LOG_OUT_MSG
CHYBOVÉ_SMS	LOG_CHYBY_MSG
NEPOVOLENÁ_ČÍSLA	LOG_CISLA_MSG

Tabulka 3 – Logovací tabulky a použité virtuální body

Cimplicity Database Logger zapisuje hodnoty bodů do ODBC kompatibilní databáze, a tak lze pro přístup k datům použít prostředků MS Access a MS Excel. Použito bylo upravené makro na vytváření reportů obsažené v Cimplicity_PE.

Výpis SMS z projektu

Zpráva pro: PRICHOZI_SMS

Název bodu: LOG_IN_MSG

Začátek:

Konec:

Vytvoř zprávu

Nastav parametry

Vymaž hlášení o chybách

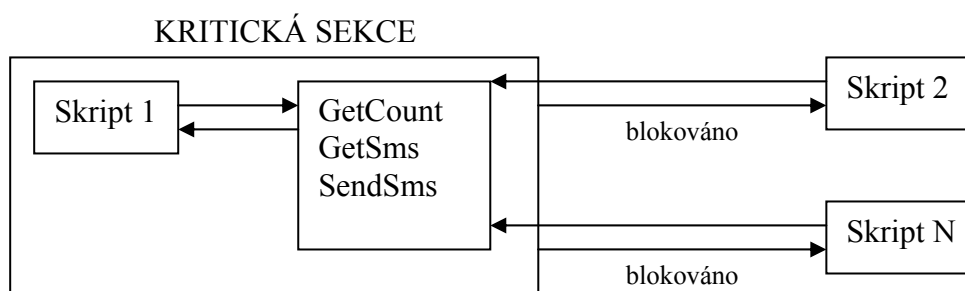
Stav:

Obr. 22 – Panel zadávání hodnot

S využitím tohoto makra lze získávat výpisy logovaných zpráv s časovým údajem zpracování zprávy. V prvním poli se zadá požadovaná tabulka, dále bod a specifikuje se čas, v případě výpisu za jeden den. Pokud se časová pole nevyplní, dojde k výpisu všech hodnot bodu do tabulky. Hodnoty jsou řazeny vzestupně dle času uložení do databáze. Makro slouží pro základní potřeby historických analýz dat za daný čas. Pomůže např. při sledování zlepšování „kultury psaní zpráv“.

3.2.6 Kritické sekce, řízení přístupu pomocí zámků

Skripty užívající funkce zajišťující komunikaci s mobilním telefonem k nim musejí mít zaručen výlučný přístup. Užívané funkce a jejich vykonávání můžeme označit jako kritickou sekci běhu programu, tak jak to ilustruje následující obrázek.



Obr. 23 – Kritické sekce

Je nutné zajistit, aby v určitý časový okamžik byl v kritické oblasti pouze jeden ze skriptů. Této podmínce se říká podmínka vzájemného vyloučení („*mutual exclusion*“). Vzájemné vyloučení se realizuje tak, že první skript, který chce s funkcemi manipulovat, sekci uzavře. Po uzavření skript vstoupí do kritické oblasti a ostatní čekají, dokud tento skript kritickou oblast neopustí. Jakmile ji opustí, do kritické oblasti může vstoupit další proces. Uzavírání zdrojů tedy není nic jiného než realizace podmínky vzájemného vyloučení procesů. Pokud jsou procesy ve stavu zablokování je jednoduše proces, který se neúspěšně pokusil vstoupit do kritické oblasti, zablokován. Poté co jiný proces opustí danou kritickou oblast je tento proces probuzen a může do kritické oblasti vstoupit.

Programově je tento problém zajištěn použitím párových funkcí *Acquire* a *Release*, které zajistí vzájemné vyloučení realizované zámkem. Zámek je skripty sdílená globální proměnná

komunikuji, která je skripty nastavována do hodnoty 0 nebo 1. Pokud je hodnota zámku nulová, znamená to, že se žádný ze skriptů se v kritické oblasti nenachází.

1. Po spuštění projektu bude hodnota zámku = 0.
2. Skript požadující komunikaci s mobilem testuje hodnotu zámku. Je-li jeho hodnota nulová pokračuje bodem 3. V opačném případě provádí opakované testování hodnoty zámku dokud se hodnota zámku nezmění na 0 (do kritické oblasti nevstoupí).
3. Nastaví zámek na 1 a vstoupí do kritické oblasti (načítání či odesílání zpráv z/na MT).
4. Těsně před výstupem z kritické oblasti nastaví zámek = 0.

Realizace zámku:

```
Acquire "komunikuji"           ' vstup do sekce, její uzavření
vysledek = GetCount()
Release "komunikuji"           ' opuštění sekce, odemknutí

Acquire "komunikuji"
vysledek = SendSms(szZprava)
If vysledek<1 Then
    MsgBox "Chyba - neodeslano. 1=OK, 0=nepracuje DLL, >1 jsou chyby GSM."
Release "komunikuji"
```

3.2.7 Zabezpečení

Nemáme-li přímou kontrolu nad technologií, je nutné zajistit bezpečnost provozu při jejím vzdáleném řízení. V případě ovládání technologie pomocí SMS zpráv jde především o povolení telefonních čísel, ze kterých může být provoz řízen a monitorován. Informace o vykonávání povelů zajistí zpětná hlášení z mobilního terminálu a jejich přijetí na mobilní telefon uživatele potvrdí tzv. *doručenky* (potvrzení o doručení zasílané servisním střediskem sítě). V případě doručení přijde zpráva s textem: „SMS doručena“, v opačném případě „žádná odpověď“ (*reakce*). Při nezabezpečení těchto situací by při určité shodě náhod mohlo dojít i ke kolapsu systému.

Předpokládá se ale předem známý počet uživatelů (čísel MT) seznámených s možnostmi řízení technologie a s dodržováním daných pravidel (formát zprávy, klíčová slova, stále zapnutý MT, vyhýbání se místům se slabým pokrytím) nutných pro správnou funkci vzdálené správy řízeného procesu.

Každá příchozí zpráva je jednoznačně identifikovatelná dle čísla telefonu odesílatele, které není možné nijak zaměnit. V programu je pole povolených čísel, se kterým se číslo zprávy porovnává. Pokud není nalezeno, je logováno jako pokus o narušení (včetně textu zprávy) a jsou zaslána příslušná upozornění.

Zadávání povelů měnící zásadním způsobem chování technologie (restart, odstavení zařízení, zastavení provozu), je ošetřeno heslem. V takovém případě interpreter vygeneruje heslo a odešle ho s daným klíčovým slovem. Úkon je proveden po přijetí a ověření daného hesla, v případě chybného zadání je zasláno upozornění se správným heslem. Zpětná vazba na stranu uživatele je zajištěna zasláním potvrzovací zprávy o provedení úkonu a příjmem doručení, která slouží i interpreteru jako potvrzení o (ne)doručení zprávy na MT uživatele. Současný signál sítě všech tří operátorů je natolik stabilní, že nedoručení zprávy nastane pouze v případě vypnutého MT uživatele nebo v místě velmi slabého pokrytí signálem. Zprávy o hlášení stavu technologie jsou zaslány maximálně 35-40sekund po odeslání dotazu a za tuto dobu prakticky není možné „vypadnout ze signálu“-při dodržování výše uvedených pravidel, a proto u těchto zpráv není verifikace doručení požadována. U příkazových zpráv nebo zpráv obsahujících upozornění na poruchu interpreter ověřuje potvrzení příjmu o vykonání hlášení či zaslání hesla. Pokud do 5 minut nepřijde kladné potvrzení o doručení dojde k opětovnému odeslání zprávy a pokud nedostupnost cílového telefonu trvá, je zpráva zaslána na jiné, předem vybrané číslo.

3.2.8 Ošetření chybových stavů

Vzhledem k počtu zařízení podílejících se na řízení aplikace (PLC, PC, MT) roste i možnost výskytu chyb a to zejména v komunikačních kanálech. Konstrukce a ochrana proti rušení samotného PLC možnost jeho poruchy prakticky vylučuje. Chyby mohou nastat při přístupu k datům uloženým v Nano PLC ze Cimplicity, ale vzhledem k vyspělosti a architektuře systému je i toto prakticky vyloučeno. Pokud k chybám dojde, tak pád aplikace nezpůsobí. Interpreter je zachytí a zašle hlášení o dané chybě (její číslo). Poté je většinou nutné provést restartování technologie. Při této práci se vyskytly pouze problémy způsobené občasnou

volností koncovky RJ-45 sériového kabelu v otvoru PLC, způsobující výpadky v komunikaci mezi PC – PLC a stejné problémy s komunikačním kabelem spojujícím spínací přípravek a PLC. Problémy zmíněné v 3.2.1 se dále již nevyskytovaly.

Použité PC musí být v reálném řízení samozřejmě napájeno přes zálohovací jednotku a vzhledem k požadované stabilitě by mělo mít nainstalovaný systém Windows 2000.

Chyby mobilního telefonu (vnitřní chybová hlášení) jsou, pokud je telefon schopen komunikace po sériové lince, interpreterem zpracovány a je-li možné odesílání dojde k informování uživatele o daných problémech.

Nesetkal s žádnými problémy týkajícími se možných výpadků fungování jednotlivých částí nebo poruch v komunikaci mezi jednotlivými zařízeními.

Hlídání dané chyby:

On Error GoTo TestError

TestError:

```
If err = 25009 Then                                ' obecna chyba pri vypadku komunikace/nacitani pointu
    odpoved = ary_cisel(x) & " -ty " & slovo & " bod nelze nacist "          ' kde chyba nastala
Else
    msgbox "Nastala chyba cislo: " & err
End If
```

3.3 WWW jako rozhraní pro mobilní přístup

Tato část se zabývá možnostmi řízení a monitorování stavu technologie prostřednictvím vizualizačních panelů zobrazovaných jako okna aplikace Internet Explorer (IE). Pro přístup k síti Internet musí být uživatel vybaven přenosným počítačem a MT podporujícím datové přenosy pomocí GPRS. Pro tvorbu vizualizace bylo použito aplikace Cimplicity_ME, která obsahuje WebServer nutný pro zpřístupnění vizualizačních panelů na www.

Vizualizační panely jsou podobné s již popsány, neboť zajišťují vizualizaci hodnot stejného řízeného procesu zpracování vody. Umožňují stejná nastavení jaké může provádět obsluha v místě provozu. Nedostatkem je pak nezbytnost zmiňovaných prostředků pro zajištění této vzdálené správy. Testování tohoto návrhu řízení probíhalo na intranetové síti firmy na počítači se systémem Windows 2000. Připojení pak byla zkoušena z ostatních

počítačů umístěných v síti a mimo ni. Proběhl i test připojení pomocí notebooku Toshiba a mobilního telefonu Siemens S45. Se správně nakonfigurovaným GPRS a IE proběhlo spojení i řízení bez problémů.

Webové dokumenty umožňují vzdálený přístup k datům projektu Cimplicity_ME prostřednictvím vnitřní sítě nebo sítě Internet. Jakmile je projekt spuštěn, automaticky spustí zabudovaný webový server a *ViewRuntime* (viz dále). Uživatelé, kteří se k tomuto serveru připojí, uvidí obsah serveru nabízející různé způsoby, jak zobrazit informace o procesu. Bylo použito cíle *NT Target with View and Control* a pomocí knihovny sem byla importována logika a vizualizační panely. Grafické panely jsou pak přístupné na WWW a je možné pomocí nich řídit technologii pokud mají nastavené vlastnosti *Publish* a *Enable Web Control* na hodnotu povoleno.

V tomto cíli jsou obsaženy grafické panely *footer*, *header* a *tools*, obsahující funkce, pomocí kterých lze nadefinovat uživatele, jeho *runtime level* a heslo. Každý z používaných panelů má vlastnost *security* (0-999). Pokud má uživatel hodnotu svého *runtime levelu* stejnou nebo větší než je hodnota *security*, může příslušný panel otevřít. Zajišťují tak řízení přístupu k panelům a změnám hodnot proměnných.

Interval ve kterém *ViewRuntime* dotazuje *LogicDeveloper-PC Runtime* na změny hodnot proměnných je nastaven na 250ms. Jedná se tedy o skenovací čas, po kterém dochází k aktualizaci hodnot ve vizualizačních panelech. Skutečná změna, která se projeví v okně prohlížeče na počítači uživatele je pak závislá na aktuální hodnotě datového spojení zajišťovaného mobilním telefonem – na stavu vytíženosti sítě GSM v daném místě a čase.

Zmíněný *View Runtime* je program, ve kterém je spuštěna dokončená vizualizace projektu na cílovém počítači. Tento program používá soubory přenesené do cílového počítače během procesu nahrání. Jedná se o samostatnou aplikaci. *View Runtime* je možné spustit z prostředí Cimplicity_ME, k jejímu použití však nemusí být systém spuštěn (běží jako podprogram Cimplicity_ME), což šetří paměťové nároky řídicího počítače.

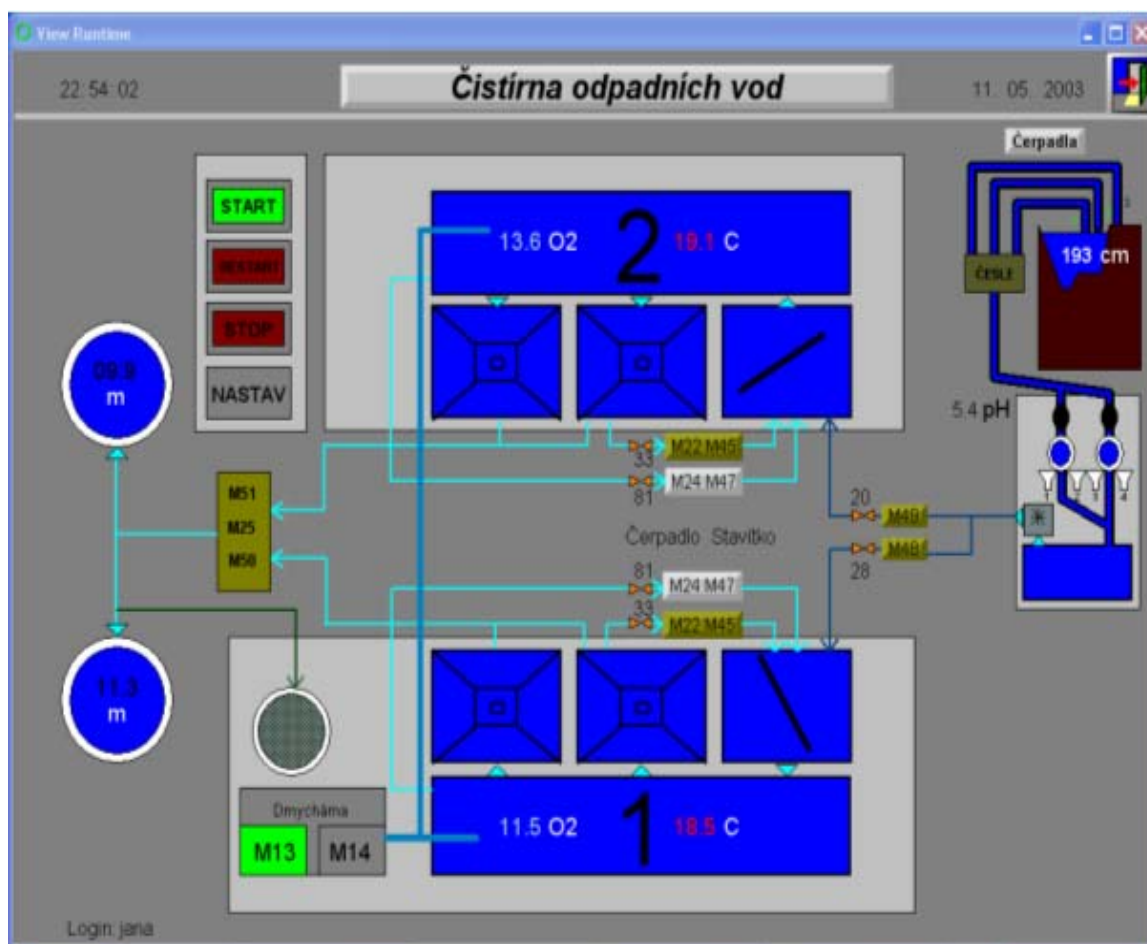
Uživatelé, kteří se pak k serveru připojí, uvidí obsah serveru nabízející různé způsoby, jak zobrazit informace o procesu.

- **Vzdálené zobrazení:** dynamické zobrazení jednotlivých panelů
- **Prohlížeč proměnných:** umožňuje přetahovat proměnné ze seznamu proměnných projektu do čtyř nástrojů pro dynamické grafické znázornění dat procesu
- **Vzdálený inspektor proměnných:** umožňuje vybrat proměnnou ze seznamu proměnných a okamžitě zjistit její hodnotu

- **Řízení prostřednictvím webu:** umožňuje zapisovat změny do dat cíle z webových dokumentů (panelů, inspektora)

3.3.1 Vizualizační panely

Grafické nástroje Cimplicity_ME nejsou tak rozsáhlé jako u Cimplicity_PE, a proto výsledná vizualizace vypadá oproti předešlé poněkud „lacině“. Jde především o zkušenosti, které mi zatím chybějí. Na funkčnosti aplikace to ovšem nic nemění. Jednotlivé vizualizace se zde označují jako panely (oproti obrazovkám v Cimplicity_PE). Z hlavního panelu se opět dostaneme do panelu nastavení odkud můžeme ovládat jednotlivé parametry chodu řízeného procesu.



Obr. 24 – Panel vizualizace čištění

3.3.2 Možnosti přístupu a řízení procesu

Zobrazení obsahu serveru webových dokumentů je možné při vytvořeném datovém spojení po spuštění IE a zadání příslušné IP adresy počítače, na kterém je projekt spuštěn. Po připojení k počítači se zobrazí obsah serveru s odkazy (viz 3.3) na možné způsoby, kterými lze přistupovat k procesu a zobrazovat jeho data.

K serveru může být připojen pouze jeden klient, kterému jsou poskytnuta práva pro řízení. Ostatní klienti mohou sledovat chod technologie na zobrazeném panelu, ale nemohou nijak zasahovat do řízení. Pomocí proměnných *runtime level* a *security*, lze řídit přístup k panelu tak, že je mu nastavena hodnota X pro prohlížení a jeho kopii hodnota Y pro změny. Další možností je využít u objektů vlastnost *visibility* a v ní systémovou proměnnou *#AccessLevel*. Uživatel, který nemá nastavenou potřebnou hodnotu *runtime* se pak ukáže objekt, přes který nejde měnit hodnotu proměnné. Pro každou proměnnou je pak nutné vytvořit 2 objekty. Takto je ke vzdálenému procesu možné přistupovat 2 způsoby:

- přístup umožňující dle nastavených práv pro uživatele změnu hodnot proměnných pomocí rozhraní zajišťovaného panelem
- přístup umožňující zjištění stavu o řízeném procesu náhledem na jeho vizualizační panel, bez možnosti jakkoli proces ovládat

Při využití tohoto způsobu monitorování je interakce se vzdáleným procesem prakticky na stejné úrovni jako v případě přímého řízení z místa provozu. Je možné mít požadovaná data, včetně jejich grafického zpracování (viz dále), kdykoli k dispozici.

Bezpečnost přenosu dat a zabezpečení přístupu na web server je větší mírou závislá na vlastních zabezpečovacích mechanismech přenosové sítě (TCP/IP).

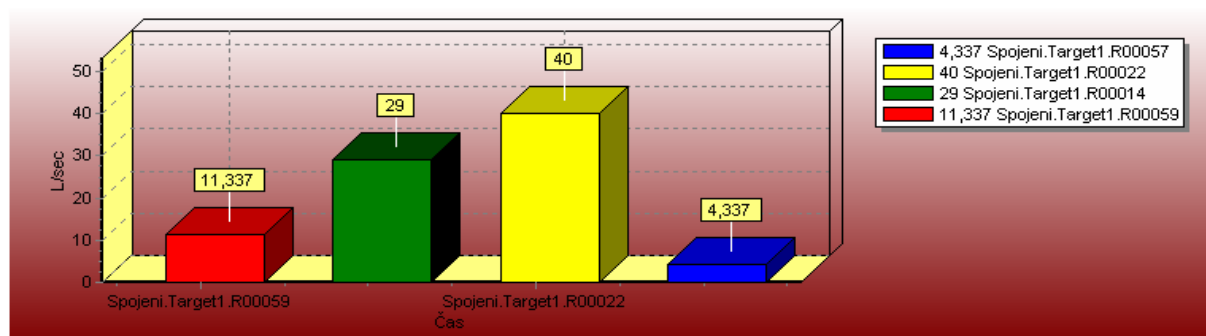
3.3.3 Prezentace dat na WWW

Kromě v projektu vytvořených panelů je zde možnost náhledu okamžitých časových závislostí průběhů vybraných proměnných. Zobrazení hodnot je možné pomocí grafů a tabulek. Pro tyto účely je zde *Variable Monitor Browser* poskytující různé způsoby zobrazení dat, pomocí přetáhnutí sledovaných proměnných do zvolených oken.

- **Graf trendů** – umožňuje sledování změn hodnot proměnných v čase
- **Sloupcový graf** – klasický sloupcový graf pro zobrazení hodnot proměnných
- **Tabulka** – k zobrazení aktuálních hodnot vybraných proměnných

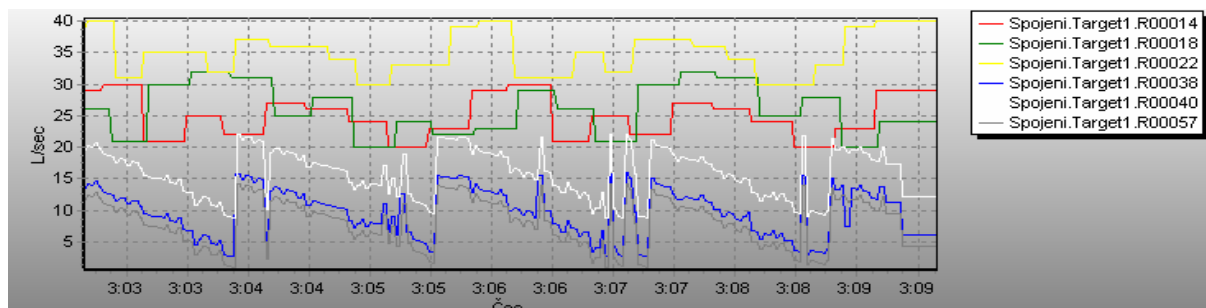
Tyto nástroje je vhodné použít pokud potřebujeme vysledovat časové závislosti proměnných, které se vzájemně ovlivňují. V případě této technologie jde především o vztahy mezi jednotlivými průtoky vody, obsahy kyslíku v denitrifikačních nádržích a otáčkami dmychadel. Z těchto závislostí je pak možné vhodnými změnami časových spouštění jednotlivých čerpadel dosáhnout lepších výsledků při procesu čištění.

Bar graf:



Obr. 25 – Hodnoty průtoků - sloupcový graf

Trend graf:



Obr. 26 – Závislost průtoků v čase

IV. Shrnutí

Výsledné aspekty této práce ukázaly, že nejlepších výsledků při řízení a monitorování vzdálených procesů není dosaženo jen správným naprogramováním řídicí aplikace, ale i kvalitním výběrem z široké palety možností využití jednotlivých programových prostředí a hardwarových součástí pro řízení technologie. Použití různých prvků systému způsobuje, byť někdy jen v nepatrných nuancích, odchylky v jejich vzájemném ovlivňování. To se týká použitého HW nebo SW od GE Fanuc. Při výběru jednotlivých řídicích prvků je nutné zvolit takové, jejichž výsledné vzájemné použití zajistí co nejlepší parametry při komplexním řízení.

Výsledný návrh musí být optimalizován dle množství snímaných I/O bodů - vybráním vhodného řídicího automatu a odpovídající licence Cimplicity_PE (ME). Musí splňovat i bezpečnostní požadavky zákazníka. Výsledná nabídka je poté zákazníkem, při splnění jeho požadavků, hodnocena především podle ceny návrhu.

Touto problematikou se budou zabývat následující části, teoreticky shrnující získané praktické zkušenosti ze zpracování této diplomové práce.

4.1 Ekonomické zhodnocení

Vlastní aplikace vzdáleného řízení a monitorování je nadstavbou využívající hardwarové i softwarové součásti použité pro stávající řízení technologického procesu. Rozšíření možností řízení je podmíněno investicí do mobilního terminálu, představovaného mobilním telefonem, lépe však GSM modemem a programem SMSmodule firmy CMS umožňujícím sériovou komunikace mezi PC a terminálem. Interpreter je pak naprogramován v prostředí Cimplicity PE a nevyžaduje vlastní softwarové řešení. Zpřístupnění vizualizací na WWW umožňuje již minimální použitelná licence Cimplicity_PE (verze s 50 nebo 70 I/O body) obsahující WebServer. Pro komplexní programové zajištění ovšem nestačí jediné vývojové prostředí. Je nutné naprogramovat řídicí automat – PLC. K tomuto účelu slouží programy Logimaster 90-70 a v této práci použitý Cimplicity_ME. Zmíněný produkt (Cimplicity_ME) je neustále inovován a v budoucnu by měl nabízet komplexní řešení pro vytvoření rozhraní *ČLOVĚK-STROJ*.

Cenové navýšení oproti standardně řešeným dodávkám řídicích a vizualizačních systémů se snižuje přímo úměrně s rostoucím počtem I/O bodů. Pokud si představíme řízení energetických a zabezpečovacích systémů v domácnostech, pak takovéto řešení by vzhledem k finanční náročnosti ovlivněné především cenou minimální licence Cimplicity_PE (v

současnosti cca 333,-€ za licenci RunTime Server s 50 I/O body, případně 834,-€ za 75 I/O bodů) nepřicházelo v úvahu. V takovém případě by bylo vhodné využití některých na trhu dostupných řešení (jednotky s GSM modemem a několika I/O).

Při předpokládaných možnostech použití u stávajících systémů řízení by byl finanční nárůst v částkách asi 10000,-Kč – cena MT, komunikačního SW a interpreteru. Základní cenové porovnání dle počtu I/O bodů poskytuje následující tabulka.

HW/SW	10-50 I/O	10-100 I/O	100-1000 I/O
PLC (minimální konfigurace)	Micro od cca 222,-€	90-30 od cca 460,-€	90-70 od 2300,-€
HMI	Cimplicity_PE od 333,-€	Cimplicity_PE od 834,-€	Cimplicity_PE od 969,-€
Interpreter	Vlastní aplikace (cena nestanovena)		
Mobilní terminál	Mobilní telefon cca 5 tis	GSM modem cca 7-10 tis	GSM modem cca 7-10 tis
Komunikační SW	SMSmodule (cena nestanovena)		
SW pro PLC	LogicMaster	685,-€ (90-30/20/Micro), 1387,-€ (90-70)	
	Cimplicity MachineEdition	161,-€ (Nano/Micro), 479,-€ (Standard-90-30), 1490,-€ (Professional-90-70)	

Tabulka 4 – Cenové porovnání

4.2 Bezpečnost vzdáleného řízení

Při použití tohoto způsobu řízení neexistuje přímá zpětná vazba nad prováděnými úkony. Systém musí být navržen tak, aby měl vlastní mechanismy ošetřující zadávání nepřipustných hodnot a nahradil přímou vazbu automatickým zasíláním alarmových hlášení jednotlivých zařízení při jejich poruchách nebo při překročení kritických hodnot. Nejdůležitější složkou systému podílející se na bezpečnosti je řídicí automat, který je posledním kontrolním prvkem před nastavením výstupů a odesláním zadaných hodnot jednotlivým zařízením. Programová logika PLC musí zamezit možnosti vzniku kritických stavů či kolapsu systému při zadání nesprávných hodnot pro nastavení jednotlivých zařízení. Provedení těchto ošetření je důležitým programátorským úkolem.

Některá zařízení, jako např. často užívané frekvenční měniče asynchronních motorů, nedovolí překročení maximální povolených otáček díky vlastním fyzikálním omezením, v případě, že by „*skrze PLC prošly nepřípustné hodnoty*“. Problémy by mohly nastat se zařízeními, jejichž hlavní indikací stavu je 0/1 (otevřeno/zavřeno, sepnuto/nesepnuto).

Bezpečnost a spolehlivost vlastního návrhu řešení vzdáleného řízení byla popsána v předešlých kapitolách. Největší je riziko vstupních chyb při zadávání SMS zprávy ovlivněné lidským faktorem. Pro správné a především rychlé fungování aplikace (zpoždění způsobeno zasíláním informací pro správné zadávání) je nutné dodržovat předepsaný formát zprávy a správně používat slovník klíčových slov. Bezpečnost na přenosové cestě sítí GSM vychází z jejích standardů a je nemožné měnit tok dat mezi 2 mobilními zařízeními vnějším zásahem. Při porovnání se zabezpečením standardně dodávaného řešení je toto méně bezpečné, protože v sobě obsahuje další prvky (MT) a komunikační spoje (PC<->MT<->MT), u kterých je samozřejmě určitá předpokládaná míra výskytu chyb.

4.3 Využití v praxi

Předpokládané využití vzdáleného řízení a monitorování je především v oblasti bezobslužných a částečně bezobslužných provozů. Takových, kde zásahy nezbytné pro správný chod technologie ze strany údržby nevyžadují okamžitá rozhodnutí, ale je možné jejich vykonání v rádech do desítek sekund. Aby nedocházelo k příjmu velkého množství zpráv je nutné zvolit hlavní, pro chod technologie nejdůležitější veličiny, jejichž hodnoty budou monitorovány. U monitorovaných provozů se také očekává velká míra spolehlivosti a bezporuchovosti nevyžadující přímé operační zásahy.

Takovéto podmínky splňují následující provoz: *TEPLÁRNY, VODÁRNY, VÝMĚNÍKY TEPLA, MALÉ ELEKTRÁRNY, ČERPACÍ STANICE, ČISTIČKY VOD.*

S ohledem na výše uvedené důvody se tato možnost uvažuje jako alternativa při nadstavbě stávajících prvků řízení. Pokud to vlastní bezpečnost provozu dovolí, je možné ušetření pracovního místa především ve druhých a třetích směnách a svátcích. Nebo úplně převést stávající způsob řízení z přímého na vzdálené, při zachování potřebných bezpečnostních a výkonostních parametrů dané technologie.

V. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo seznámení se s možností řízení a monitorování vzdáleného technologického procesu pomocí SMS zpráv a vizualizací tohoto procesu v prostředí Internetu. Náplní praktické části této práce bylo naprogramovat řídicí PLC automat VersaMax Nano v prostředí Cimplicity Machine Edition tak, aby zobrazoval (simuloval) chod reálného procesu. Pro tuto simulaci vytvořit její vizualizační schéma v modulu Cimplicity Plant Edition, a pomocí jeho nástroje Basic Control Engine naprogramovat interpreter, zajišťující přenos technologických informací pomocí SMS zpráv z připojeného mobilního terminálu na mobilní telefon koncového uživatele. Sériová komunikace s MT je zajištěna převzatým programem. Poslední částí diplomové práce bylo zajištění vzdáleného řízení dané simulace prostřednictvím vizualizačních panelů zobrazovaných prostřednictvím WebServeru Cimplicity_ME v tenkém klientovi Internet Explorer.

Úvodní kapitoli se zabývají teoretickými aspekty nutnými pro úspěšné vytvoření vlastní řídicí aplikace - obecnou problematikou sítě GSM, formátem SMS zpráv a principy tvorby aplikační logiky a HMI komponent. V simulaci provozu čištění odpadních vod nejsou použity veškeré proměnné daného technologického procesu, protože jisté proměnné, které v reálném procesu jsou snímány, nebo měřeny přímo v reálném technologickém prostředí, nemá smysl simulovat, neboť by se ani pomocí vytvořeného systému nedaly řídit a monitorovat.

Vlastní interpreter zajišťuje správné rozpoznání přijaté zprávy, vykonání požadovaných operací a vytvoření odpovídající odpovědi. Při běhu aplikace nedocházelo k výpadkům komunikace a jednotlivé komponenty systému fungovaly dle obsažené programové logiky. Ukázalo se, že daný způsob řízení je vhodný pouze pro bezobslužné provozy s maximálně 50 I/O. U provozů s více I/O body je nutné použití odpovídajícího slovníku klíčových slov, což přináší problémy s jeho správným užíváním pro uživatele (nutnost zapamatování řádově desítek až stovek slov) a zasílání neúměrně velkého množství zpráv týkajících se chodu technologie.

Přístup k vizualizačním panelům mají všichni uživatelé připojení do sítě Internet/Intranet, vybavení potřebnými právy.

Závěr práce je věnován ekonomickému a bezpečnostnímu zhodnocení navržené aplikace vzdáleného řízení a porovnání jejích výhod a nevýhod oproti standardním způsobům řízení.

Další vývoj aplikace by měl být směřován k datovému přenosu, opět s využitím mobilních komunikačních zařízení, umožňující plnohodnotný přístup k výrobním datům.

6.1 Seznam použité literatury

- [1] INFOLINK for PLC2000V3, Firemní literatura GE Fanuc Automation, 2000
- [2] GFK-1645A, VersaMax Micro PLCs and Nano PLCs User's Manual, Firemní literatura GE Fanuc Automation, 2000
- [3] GFK – 1817C, Logic Developer – PLC, PLC Programming Software, Firemní literatura GE Fanuc Automation, 2000
- [4] GFK – 1868D, Cimplicity Machine Edition, Firemní literatura GE Fanuc Automation, 2000
- [5] Jaroslav Vlach, Řízení a vizualizace technologických procesů, BEN, 1999

- [6] Kolektiv, Automatizace a automatizační technika, 4 díly, Computer Press, 2000

Internetové odkazy

- [7] GSM03.40 - Technical realization of the SMS <http://www.etsi.org>

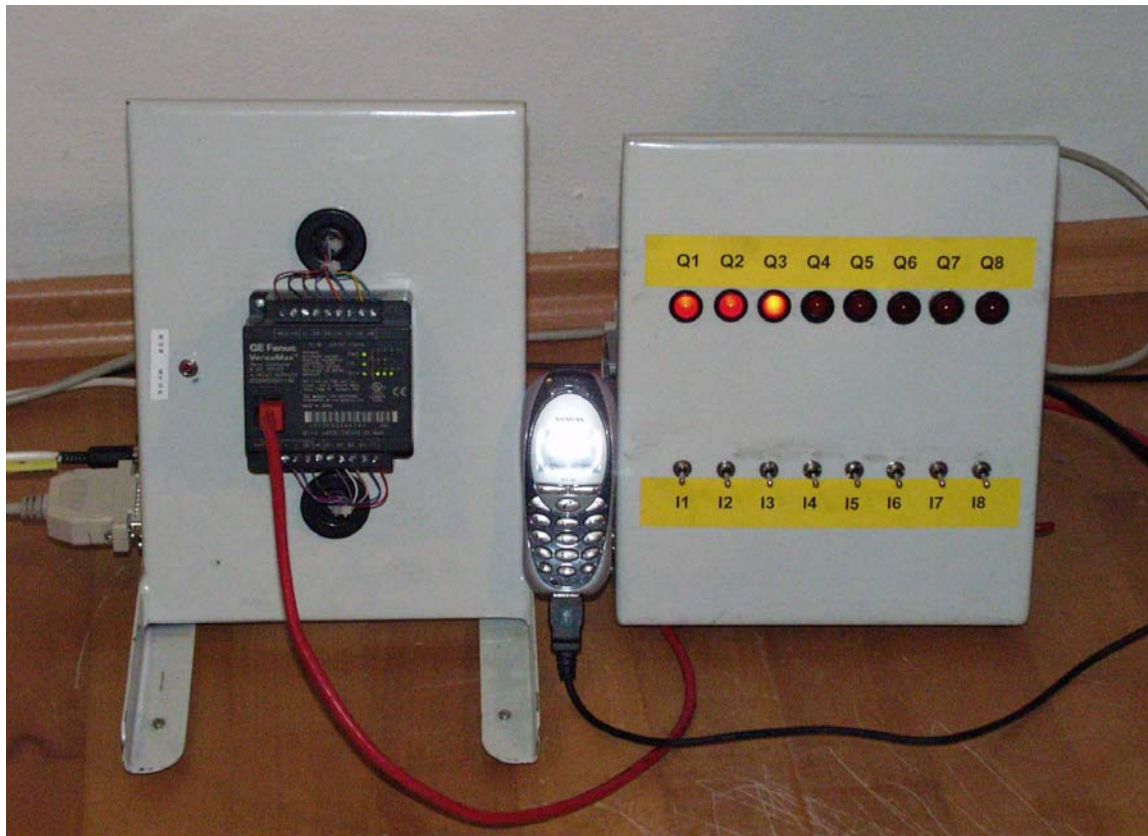
- [8] Krátké zprávy & Informační kanály <http://www.mobilsver.sk>

- [9] SMS – obecné informace <http://www.mobil.cz>

- [10] Produkty GE Fanuc <http://www.gefanuc.com>

6.2 Seznam příloh

Příloha 1 – Sestava: přepínací přípravek, Nano PLC, MT Siemens MT50

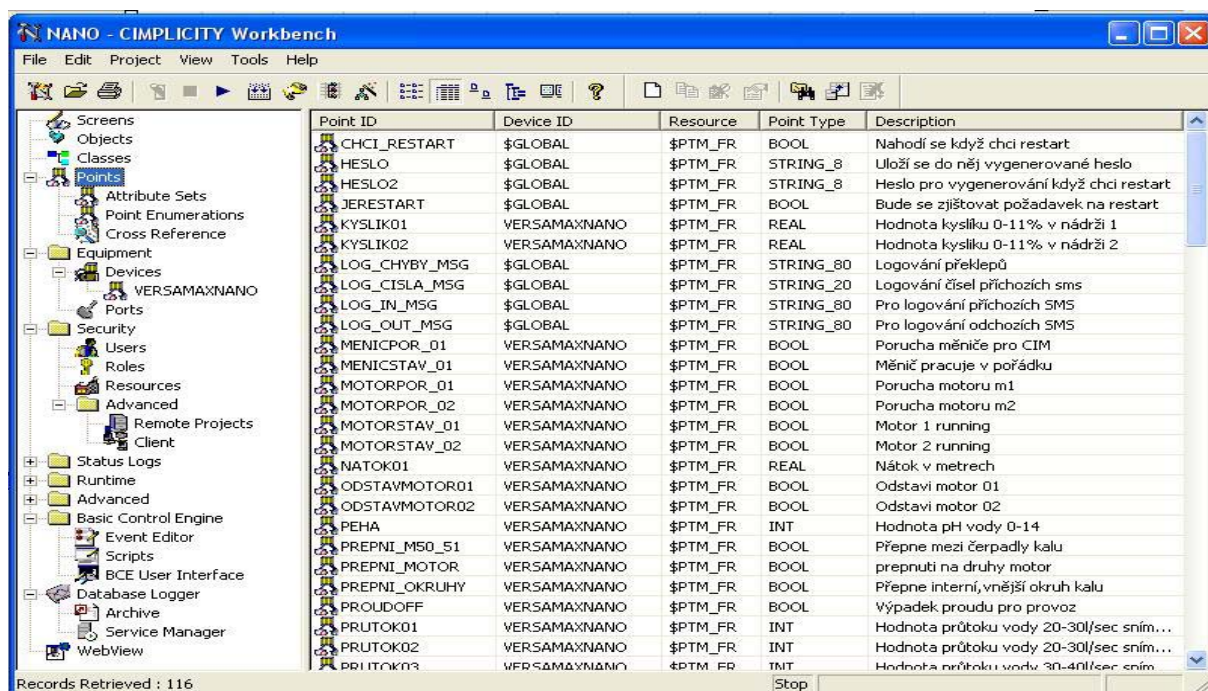


- přípravek slouží pro simulaci spínání vstupů a výstupů řízených Nano PLC
- zajišťuje napájení PLC 24V ss
- komunikace s PLC probíhá po 25 pinovém propojovacím kabelu
- Nano PLC zobrazeno v levé polovině obrázku, uchyceno na samostatném panelu

Příloha 2 – Okno prostředí Plant Edition

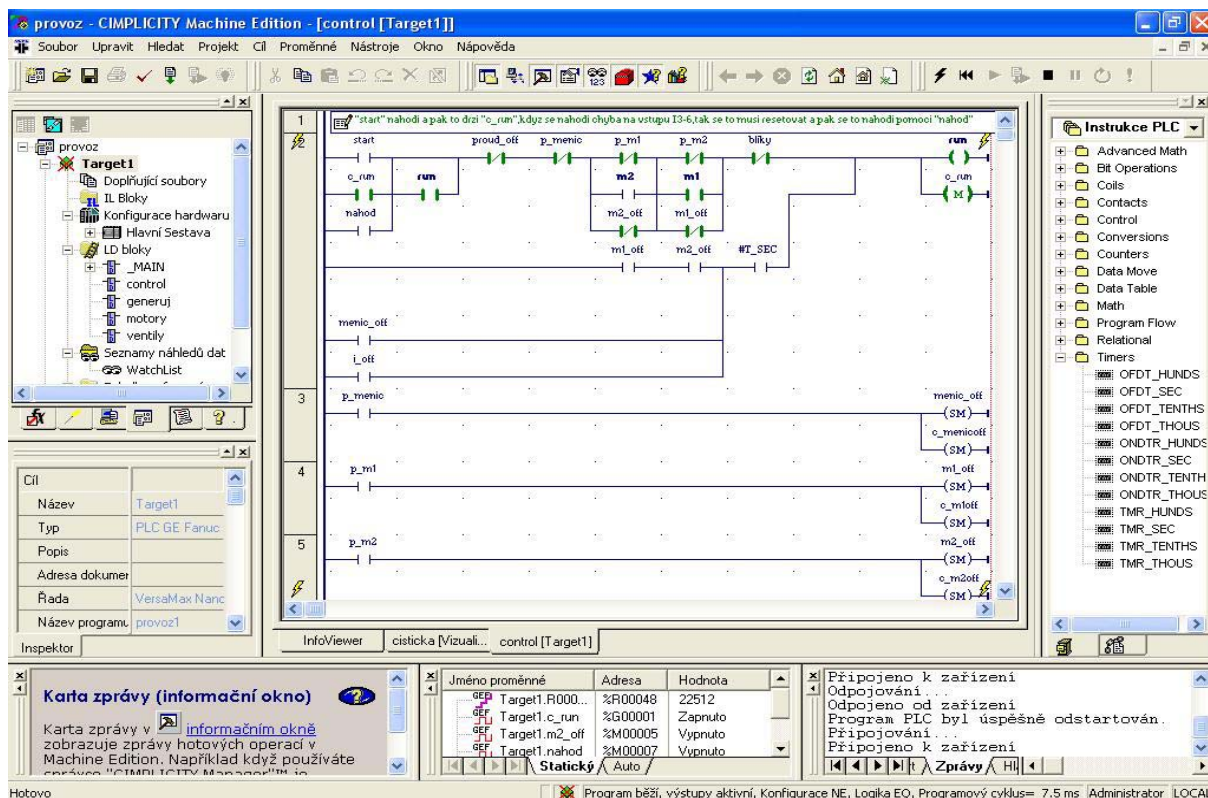
- zobrazuje vývojový nástroj Workbench
- v levém panelu jsou přístupné jednotlivé vývojové prostředky, které se zobrazují v samostatných oknech
- jde především o Screens (vizualizační obrazovky), Points (právě zvolené), Equipment (správa HW), Security (uživatelská práva), Status Logs, Runtime

(správa procesů), Advanced (alarmy), Basic Control Engine (tvorba skriptů, správa událostí), Database Logger (nastavení logovacích tabulek)



Point ID	Device ID	Resource	Point Type	Description
CHCI_RESTART	\$GLOBAL	\$PTM_FR	BOOL	Nahodí se když chci restart
HESLO	\$GLOBAL	\$PTM_FR	STRING_8	Uloží se do něj vygenerované heslo
HESLO2	\$GLOBAL	\$PTM_FR	STRING_8	Heslo pro vygenerování když chci restart
JERESTART	\$GLOBAL	\$PTM_FR	BOOL	Bude se zjišťovat požadavek na restart
KYSLIK01	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	REAL	Hodnota kyslíku 0-11% v nádrži 1
KYSLIK02	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	REAL	Hodnota kyslíku 0-11% v nádrži 2
LOG_CHYBY_MSG	\$GLOBAL	\$PTM_FR	STRING_80	Logování překlepů
LOG_CISLA_MSG	\$GLOBAL	\$PTM_FR	STRING_20	Logování čísel příchozích sms
LOG_IN_MSG	\$GLOBAL	\$PTM_FR	STRING_80	Pro logování příchozích SMS
LOG_OUT_MSG	\$GLOBAL	\$PTM_FR	STRING_80	Pro logování odchozích SMS
MENICPOR_01	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Porucha měniče pro CIM
MENICSTAV_01	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Měníč pracuje v pořádku
MOTORPOR_01	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Porucha motoru m1
MOTORPOR_02	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Porucha motoru m2
MOTORSTAV_01	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Motor 1 running
MOTORSTAV_02	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Motor 2 running
NATOK01	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	REAL	Nátok v metrech
ODSTAVMOTOR01	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Odstavi motor 01
ODSTAVMOTOR02	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Odstavi motor 02
PEHA	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	INT	Hodnota pH vody 0-14
PREPNI_M50_51	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Přepne mezi čerpadly kalu
PREPNI_MOTOR	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	prepnuti na druhý motor
PREPNI_OKRUHY	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Přepne interní, vnější okruh kalu
PROUDOFF	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	BOOL	Výpadek proudu pro provoz
PRUTOK01	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	INT	Hodnota průtoku vody 20-30l/sec sním...
PRUTOK02	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	INT	Hodnota průtoku vody 20-30l/sec sním...
PRUTOK03	VERSAMAXNANO	\$PTM_FR	INT	Hodnota průtoku vody 30-40l/sec sním...

Příloha 3 – Prostředí Cimplicity Machine Edition



The screenshot displays the Cimplicity Machine Edition software interface. The main window shows a ladder logic diagram with rungs 1 through 5. Rung 1 contains a start button, a reset coil (RST) for 'c_run', and a set coil (S) for 'run'. Rung 2 shows logic for 'p_m1' and 'p_m2' with associated coils. Rung 3 shows logic for 'menio_off' and 'i_off'. Rung 4 shows logic for 'p_m1' and 'c_m1off'. Rung 5 shows logic for 'p_m2' and 'c_m2off'. The right sidebar lists PLC instructions such as 'OFDT_HUNDS', 'OFDT_SEC', 'OFDT_TENTHS', 'OFDT_THOUS', 'ONDR_HUNDS', 'ONDR_SEC', 'ONDR_TENTHS', 'ONDR_THOUS', 'TMR_HUNDS', 'TMR_SEC', 'TMR_TENTHS', and 'TMR_THOUS'. The bottom status bar indicates 'Program běží, výstupy aktivní, Konfigurace NE, Logika EQ, Programový cyklus = 7.5 ms | Administrator | LOCAL'.

Příloha 4 – Specifikace provozu ČOV Bělá p. Bezdězem

- měřenými a řízenými veličinami jsou především hladiny, průtoky, provozní stavy technologických zařízení, obsah kyslíku, teplota a pH vody.

Řízení odčerpávání vstupní splaškové vody

V závislosti na výšce hladiny snímané ultrazvukovým hladinoměrem jsou spuštěna čerpadla M16, M17, M18 (sepne dmychadlo M15) v čerpací jímce.

Měření pH a vstupní splaškové vody

V kanále za rotačním česlem na vstupu do čistírny. Pokles pod a nad stanovenou úroveň pH a teploty je obsluze signalizován k přijetí opatření.

Řízení volby lapáků písku

Stavítka M27,M28 kterými se volí nátok vody do jednoho nebo druhého lapáku písku jsou řízena v závislosti na množství vody na vstupu do ČOV:

- trvale otevřen vstup do jednoho lapáku písku
- druhý se otevře pokud sepne čerpadlo M18
- pořadí prvního a druhého lapáku je měněno v časovém programu

Biologické čištění

Tento soubor má dvě na sobě nezávislé větve biologického čištění, které jsou osazeny totožnými přístroji pro automatické řízení. Dále je popsána pouze jedna větev.

Řízení nátoku splaškové vody k biologickému stupni

Šoupátko M48 (M49) ovládá přítok surové vody do denitrifikační nádrže. Množství samospádem přitékající vody je měřeno průtokoměrem. Přítok lze rozdělovat rovnoměrně mezi obě nádrže-plným otevřením obou šoupátek nebo pouze do jedné nádrže uzavřením šoupátka nádrže, která nemá být užívána

Řízení interní recirkulace kalu

Má za účel zvýšit účinnost čištění tím, že určité množství kalu z dolní části denitrifikační nádrže je zavedeno na vstup biologického čištění. Podmínkou je spuštění M23 (M24) a otevření M46 (47). V režimu řízení PLC je šoupátko otevřeno a bude zapínáno a vypínáno cirkulační čerpadlo současně s čerpadly M16-M18 v čerpací jímce na vstupu ČOV.

Řízení vnější recirkulace odsazeného kalu

Má za účel zlepšit podmínky procesu čištění tím, že určité množství kalu z dosazovací nádrže je zavedeno na vstup biologického čištění.

Recirkulaci zajišťuje čerpadlo M21(M22) při otevřeném šoupátku M44(M45).). V režimu řízení PLC je šoupátko otevřeno a bude zapínáno a vypínáno cirkulační čerpadlo.

Ovládání míchadla M19

Při řízení PLC je trvale v provozu, v ručním režimu ho lze zapínat a vypínat.

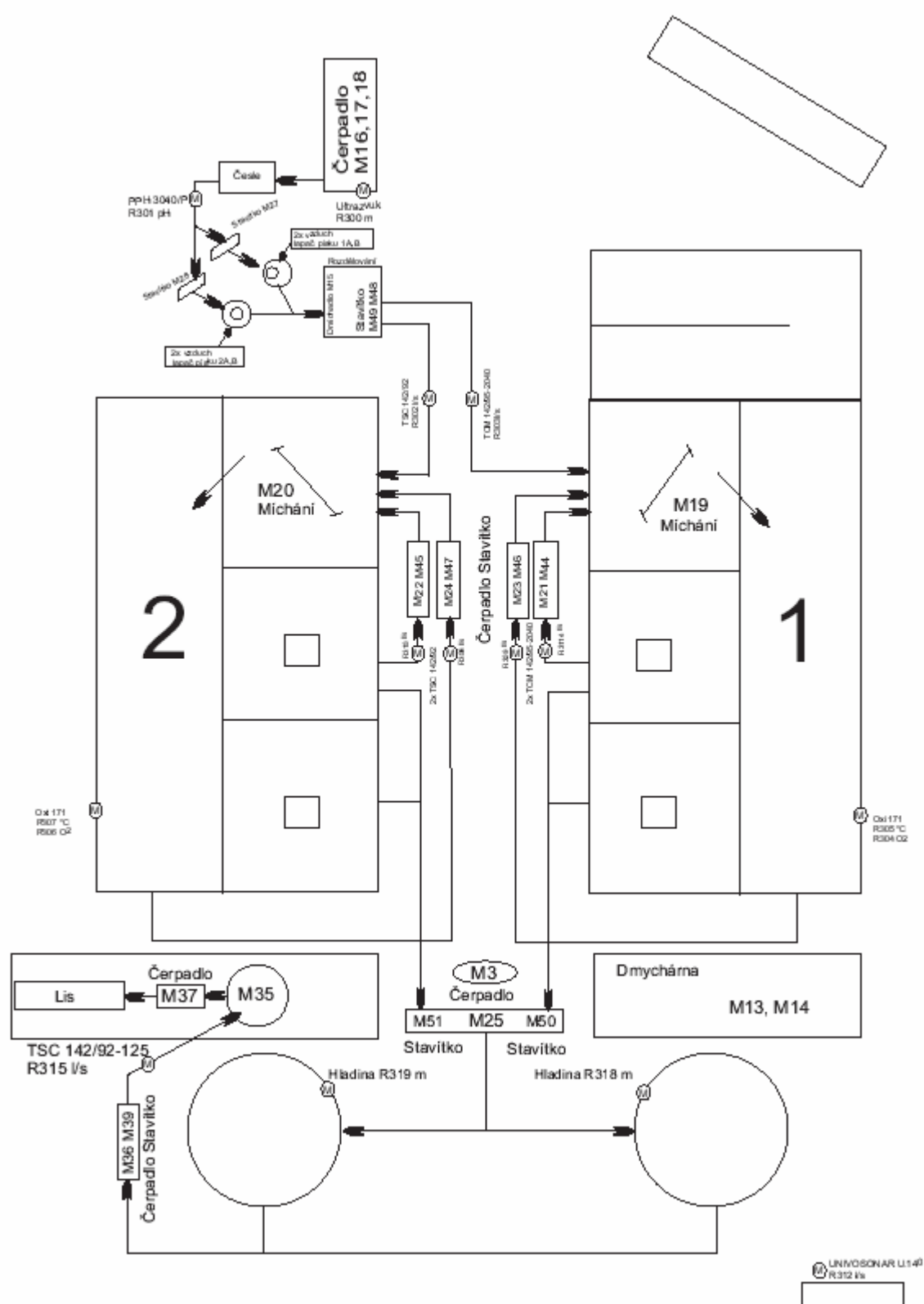
Řízení chodu a výkonu dmychadel

Má za účel zajistit dostatečné provzdušnění čištěné vody v nitrifikačních nádržích. Trvale musí být v provozu jedno dmychadlo, automatický záskok je iniciován výpadkem provozního dmychadla v části elektro. Pořadí dmychadel M13(M14) jako provozního a záložního je střídáno automatickým režimem na základě počtu provozních hodin (po týdnu). Otáčky dmychadla reguluje frekvenční měnič dle obsahu kyslíku v nádržích.

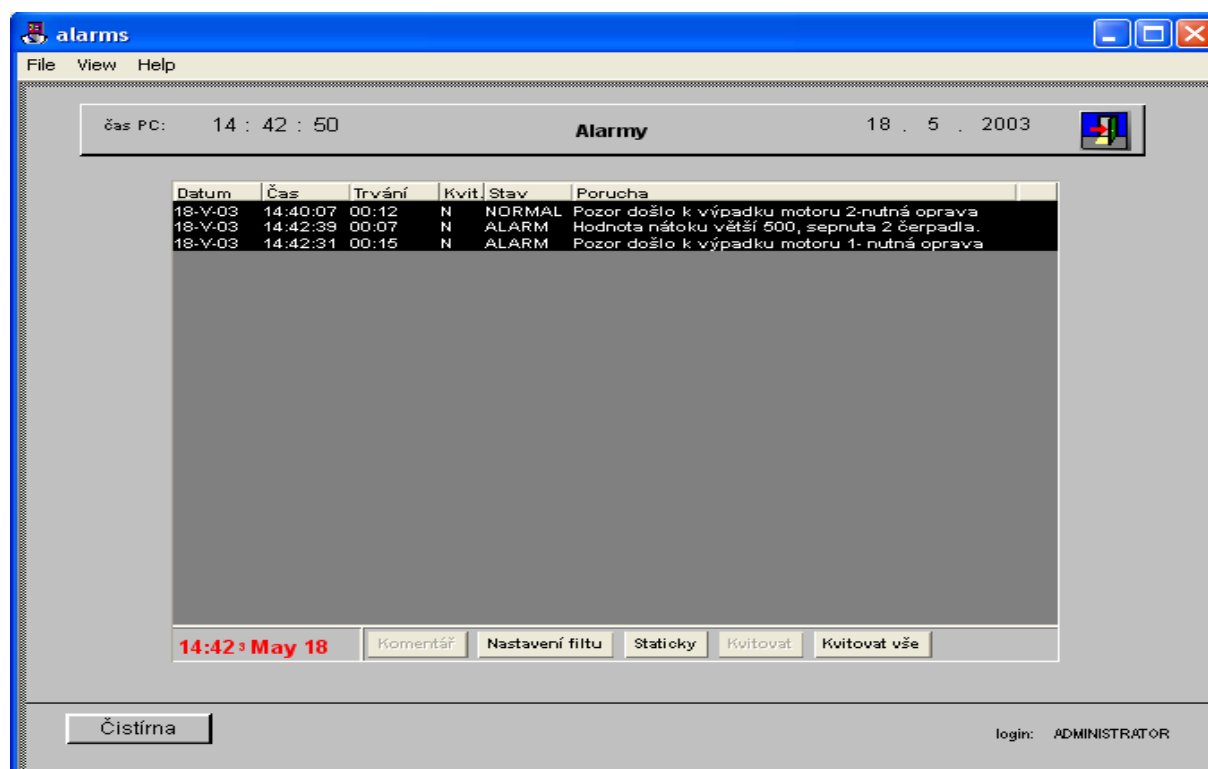
Odčerpávání přebytečného kalu

Do uskladňovacích nádrží je prováděno čerpadlem přebytečného kalu M25 po otevření šoupátka M50 z levé části biologického stupně a M51 z pravé. V režimu řízení PLC probíhá čerpání kalu dle časového diagramu a to střídavě z jedné a druhé části biologického stupně. Časové intervaly odčerpávání lze nastavit obsluhou. V ručním režimu lze odčerpávání provádět libovolně obsluhou.

Technologické schéma:



Příloha 5 – obrazovky alarmy, nastavení



Příloha 6 – Seznam klíčových slov používaných Interpreterem (možná změna dle požadavků zákazníka)

MOTOR, HODNOTA MOTORU, MENIC, HODNOTA MENICE, STAV, STAV MOTORU, STAV MENICE, STAV ZARIZENI, STAV CERPACEL, PRUTOK, NATOK, TEPLOTA, TEPLOTA VODY, KYSLIK, HODNOTA, PRUTOK POTRUBI, PRUTOK V TRUBCE, HODNOTA PRUTOKU, KONCENTRACE, KONCENTRACE KYSLIKU, CERPACLO, POTRUBI, STAVITKO, DMYCHADLO, ODSTAV MOTOR, PRIPOJ MOTOR, PEHA, PH, STAVITKO, PREPNI, NASTAV, VYSKA, VODA, RESTART, PROVED, HELP, NAPOVEDA, INFO, DORUCENO, HESLO, DELKA CHODU, ODKALENI CAS, OKRUHY CAS

Příkazové:

PREPNI MOTORY, PREPNI OKRUHY, PREPNI CERPACLA, PROVED, RESTARTUJ, NASTAV(IT) CERPAC, PRIPOJ, ODSTAV, PREPNI (NA), PREPNI CHOD (NA), OTEVRI(T), ZAVRI(T), společně s názvy zařízení MOTOR, MENIC, DMYCHADLO, VENTIL, STAVITKO, RESTART, KAL.